



**Universidade do Porto**

**Faculdade de Engenharia**

**FEUP**

**Elisabete de Jesus Peres Bertolo**

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA  
EM EDIFICAÇÕES**



# **FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO**

## **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**

Elisabete de Jesus Peres Bertolo

Licenciada em Engenharia Civil

pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial dos  
requisitos de grau de mestre em

**Engenharia do Ambiente**

**(Tratamento de Água e Águas Residuais)**

Dissertação realizada sob a supervisão do  
Professor Doutor Mário Jorge Valente Neves  
do Departamento de Engenharia Civil  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Porto, Junho de 2006**



*“Sou apenas uma pessoa;  
mas ainda assim sou alguém.  
Não sou capaz de fazer tudo,  
mas mesmo assim  
sou capaz de fazer algo.  
Não renunciarei a fazer  
o pouco que puder.”*

*Helen Keller*



## RESUMO

A crescente preocupação, a nível nacional e internacional, com a conservação dos recursos naturais, motivada pela expansão demográfica e pelo desenvolvimento tecnológico, tem dado particular relevo às implementações de habitações sustentáveis, isto é, capazes de autonomia energética e de recursos relativamente aos sistemas públicos.

De entre as diferentes soluções, naturalmente pluridisciplinares, para a sustentabilidade, assume destaque o aproveitamento de água da chuva pelas vantagens económicas e ambientais que apresenta, e também pela simplicidade da sua implementação. Este tipo de aproveitamento tem já alguma implantação a nível mundial, embora no panorama nacional seja ainda bastante incipiente.

Este trabalho procura analisar as diferentes alternativas de implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP), bem como os requisitos de tal sistema, numa perspectiva ambiental e também na óptica do utilizador, em termos de viabilidade económica e de aplicações possíveis para a água aproveitada. É feita uma análise do panorama internacional actual a nível de aproveitamento de água da chuva, identificando-se e descrevendo os diferentes constituintes do SAAP, bem como os requisitos de qualidade da água e as opções de implementação que estes requisitos condicionam.

É desenvolvida e apresentada uma ferramenta de cálculo para o dimensionamento de reservatórios, aplicando-se esta ferramenta para inferir o funcionamento do SAAP em diferentes implementações. Como caso de estudo, projecta-se um SAAP para uma moradia unifamiliar típica, contemplando a sua instalação em diferentes cenários e avaliando as relações custo-benefício para o utilizador. A partir deste caso de estudo, de consultas de mercado efectuadas, e dos resultados da ferramenta de cálculo desenvolvida, é feita uma estimativa cuidada de custos para diferentes implementações de SAAP: uma, duas ou quatro habitações geminadas.

Por fim, conclui-se sobre as vantagens económicas e ambientais dos SAAPs, e suas limitações, sendo apresentados alguns exemplos concretos de implementação de SAAPs no panorama nacional actual.

**Palavras-chave:** água da chuva, sistema de aproveitamento de água pluvial, reservatório, dispositivo de primeira lavagem.





## ABSTRACT

There has been a growing concern, both on a national level and worldwide, over the preservation of natural resources, which have been progressively strained by demographic growth and technological development. This concern has brought great attention to sustainable housing implementations, which are essentially buildings capable of autonomous energy and resources provisioning.

From all the pluridisciplinary solutions for sustainable housing, rainwater harvesting stands out due to its economical and environmental advantages as well as due to the simplicity of its implementation. Rainwater harvesting is well established worldwide, however on a nationwide level it is still practically inexistent.

In this work we seek to analyze the different alternatives for a rainwater harvesting system implementation. The requisites and constraints of such systems are also established on both the environmental perspective and the end-user goals of economic viability and possible applications for stored rainwater. The existing internacional scenario for rainwater harvesting systems is described and the key components of such systems are identified and explained. Water quality issues and the different approaches these may constrain are also derived.

A worksheet tool for rainwater storage tank design is developed and presented. This tool is used to simulate the behaviour of the rainwater harvesting system in different scenarios, thus allowing an estimation of its efficiency, limitations and economic advantages. As a case study, a rainwater harvesting system is designed, under different end-user scenarios, for a typical single-family housing. From this case study and the worksheet results a careful estimate of the different rainwater harvesting system implementations' cost is obtained for single-, dual-, and quad-family housings.

Finally, conclusions on the economic and environmental advantages of rainwater harvesting systems are derived, as well as their limitations. Key implementation examples of these systems in Portugal are presented.

**Keywords:** rainwater, rainwater harvesting system, storage tank, first flush device



## **PREÂMBULO**

O Século XXI começou com um problema grave de abastecimento de água em todo o mundo. Entre outros factores o crescimento acelerado da população e o progresso tecnológico conduziram à alteração dos hábitos diários, aumentando assim o consumo médio diário por habitante.

Este crescimento concentra-se principalmente nos grandes centros urbanos conduzindo a sucessivos problemas principalmente nos países em desenvolvimento. O crescimento dos grandes aglomerados urbanos, juntamente com as limitações de drenagem urbana, aumentam a probabilidade de cheias, disseminação de doenças e outros problemas de cariz económico e social. Entre as soluções que têm sido propostas, surge o aproveitamento da água pluvial como uma alternativa possível e viável. No entanto, a sua utilização ainda é escassa por medo associado a falta de conhecimento técnico e ao alto custo de implantação do sistema.

Nos últimos anos, noutros países o reservatório de armazenamento da água da chuva começou a ocupar o lugar de importância devido nas políticas de abastecimento de água, quer em organizações da sociedade civil, quer em órgãos governamentais.

Em Portugal, as realizações no domínio do aproveitamento da água da chuva em edificações são muito escassas ou praticamente inexistentes e têm resultado da aplicação de conhecimentos adquiridos no exterior, os quais devem ser vistos com reservas dadas as diferentes características do nosso regime pluviométrico. A actividade de investigação e o desenvolvimento experimental nesta área em Portugal é praticamente inexistente.

Este trabalho tem como objectivo contribuir para elucidar sobre a instalação de SAAP's em Portugal. Procuram-se definir os critérios e considerações inerentes ao projecto de um SAAP, desenvolver ferramentas de cálculo automático para o seu auxílio e determinar a viabilidade económica de um SAAP através de casos práticos de aplicação.

Espera-se que a realização deste trabalho seja um pontapé de partida para que o aproveitamento da água da chuva no nosso país seja incentivado e desta forma se intensifique a conservação da água potável, para que no futuro muito próximo esse recurso não se torne escasso.



## **AGRADECIMENTOS**

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) como instituição de acolhimento, em particular à secção de Hidráulica e Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil (DEC).

Ao meu Orientador, Professor Doutor Mário Jorge Valente Neves, pela aceitação desta tarefa, assim como o reconhecimento no apoio dispensado, interesse, acompanhamento e pelos meios postos à disposição para a realização deste trabalho.

Ao Professor e amigo Plínio Tomaz pela sua bondade, amizade, riqueza de comentários e ajuda incasável no fornecimento dos seus livros e artigos.

À DHVTecnopor, empresa onde desenvolvo a minha actividade profissional, que me possibilitou a realização de um projecto real no domínio do aproveitamento da água da chuva.

Ao Engenheiro Luís Macedo e ao Srº Guilherme Vilaverde, Presidente da Direcção da Norbiceta, pela possibilidade do acompanhamento da construção do Empreendimento de Ponte da Pedra, 2ª fase, o primeiro empreendimento nacional de "habitação sustentável".

Aos meus pais, pelo amor, compreensão e pela vida.

Ao meu irmão, pela cumplicidade e carinho.

À minha sobrinha Joana e à minha afilhada e sobrinha Beatriz, a quem agradeço a alegria, a ternura e boa disposição que me proporcionaram durante a realização deste trabalho, e a quem dedico esta dissertação, como exemplo de dedicação e responsabilidade que devem colocar em todos os trabalhos que realizarem.

À minha família, pela paciência e encorajamento.

Ao José Ângelo pela colaboração intensa nas várias fases do trabalho, pelo apoio, pela cumplicidade, pelo companheirismo, pelo amor e sobretudo pela presença constante ao meu lado.

Aos meus amigos e colegas, pelo enorme estímulo e pela amizade autêntica, em particular à minha amiga Elisa Costa pela ajuda e carinho. A todas as outras pessoas que, directa ou indirectamente, colaboraram e me ajudaram neste projecto.



# ÍNDICE

RESUMO .....	VII
ABSTRACT .....	IX
PREÂMBULO .....	XI
AGRADECIMENTOS .....	XIII
ÍNDICE .....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIX
ÍNDICE DE TABELAS .....	XXIII
ÍNDICE DE TABELAS .....	XXIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XXVII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XXVII
LISTA DE SÍMBOLOS E DE ABREVIATURAS .....	XXIX
1. INTRODUÇÃO .....	3
1.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA .....	6
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	7
2. BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3. QUALIDADE DA ÁGUA .....	17
3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE QUALIDADE DE ÁGUA DA CHUVA .....	17
3.1.1 Contaminação microbiológica .....	18
3.1.2 Contaminação química.....	18

3.1.3	Protecção da qualidade da água .....	19
3.2	PROGRAMA DE ANÁLISES: PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA GERALMENTE AVALIADOS.....	21
3.2.1	Parâmetros de qualidade da água para consumo humano.....	21
3.2.2	Parâmetros de qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano .....	22
3.2.3	Parâmetros de qualidade das águas balneares .....	23
3.2.4	Parâmetros da qualidade de água da chuva a analisar .....	23
<b>4.</b>	<b>COMPONENTES DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....</b>	<b>39</b>
4.1	SUPERFÍCIE DE RECOLHA.....	39
4.1.1	Cobertura de fibrocimento.....	40
4.1.2	Cobertura à base de cimento ou telhas de argila .....	40
4.1.3	Pinturas ou protecções para os telhados.....	40
4.1.4	Madeira tratada quimicamente.....	41
4.1.5	Soldadura com chumbo .....	41
4.2	ÓRGÃOS DE CONDUÇÃO .....	42
4.3	DISPOSITIVOS DE PRIMEIRA LAVAGEM (FIRST-FLUSH) .....	43
4.3.1	Dispositivos comerciais de rejeição de água de limpeza do telhado.....	44
4.3.2	Reservatório para rejeição de água de limpeza do telhado.....	46
4.3.3	Reservatório de auto-limpeza com válvula de flutuador .....	47
4.4	RESERVATÓRIOS PARA ARMAZENAMENTO .....	48
4.4.1	Localização.....	49
4.4.2	Características de projecto.....	49
4.4.3	Materiais.....	50
4.4.4	Requisitos de instalação .....	55
4.4.5	Manutenção e limpeza .....	56
4.4.6	Custo dos reservatórios .....	57
4.5	TRATAMENTO .....	65
4.5.1	O papel do reservatório.....	67
4.5.2	Filtração .....	68
4.5.3	Desinfecção.....	69
4.5.4	Controlo de PH.....	73
<b>5.</b>	<b>CÁLCULO DA CAPACIDADE DE RESERVATÓRIOS EM SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....</b>	<b>77</b>
5.1	AFLUÊNCIAS.....	78
5.1.1	Séries de precipitações .....	79
5.1.2	Coeficiente de escoamento.....	79
5.1.3	Superfície do telhado .....	82
5.2	PREVISÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA.....	82
5.2.1	Consumo em limpeza de sanitas .....	83
5.2.2	Consumos em banhos.....	84
5.2.3	Consumo para lavagem de roupa.....	84
5.2.4	Consumo para lavagem de louça.....	84
5.2.5	Consumo para limpeza e outras actividades .....	84
5.2.6	Quadro-resumo.....	84
5.2.7	Água da chuva .....	85
5.3	FERRAMENTA DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO (SAAP-EPB).....	87
5.3.1	Dimensionamento do reservatório.....	87
5.3.2	Verificação do funcionamento do reservatório.....	94
5.3.3	Cálculo da eficiência e do grau de aproveitamento para diferentes volumes .....	95



<b>6.</b>	<b>CASO PRÁTICO: PROJECTO PARA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR.....</b>	<b>101</b>
6.1	DESCRIÇÃO GERAL DA HABITAÇÃO .....	101
6.2	PROJECTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	102
6.2.1	<i>Concepção geral.....</i>	102
6.2.2	<i>Dimensionamento .....</i>	106
6.3	PROJECTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	107
6.3.1	<i>Concepção geral.....</i>	107
6.3.2	<i>Dimensionamento dos diversos órgãos .....</i>	107
6.4	PROJECTO DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO.....	109
6.4.1	<i>Dimensionamento .....</i>	109
6.4.2	<i>Concepção geral.....</i>	109
6.4.3	<i>Manutenção do reservatório.....</i>	114
6.5	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO ELEVATÓRIA .....	115
6.6	ESTIMATIVA ORÇAMENTAL DO SAAP .....	116
6.6.1	<i>Sistema de abastecimento de água .....</i>	116
6.6.2	<i>Drenagem da água do telhado e reservatório em betão armado para armazenamento da água da chuva .....</i>	122
6.6.3	<i>Resumo .....</i>	127
6.7	RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DE SAAP's COM RESERVATÓRIOS COM CAPACIDADE CRESCENTE PARA DOIS CENÁRIOS.....	128
6.7.1	<i>Benefícios no consumo de água da rede pública.....</i>	128
6.7.2	<i>Benefícios no sistema de drenagem municipal.....</i>	134
6.8	ANÁLISE ECONÓMICA DE "SAAP's" .....	141
6.8.1	<i>Custos .....</i>	141
6.8.2	<i>Benefícios .....</i>	141
6.8.3	<i>Folha de cálculo de análise de investimentos .....</i>	142
6.8.4	<i>Aplicação a casos de estudo.....</i>	144
<b>7.</b>	<b>PROJECTOS EM DESENVOLVIMENTO NO DOMÍNIO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM PORTUGAL.....</b>	<b>153</b>
7.1	EMPREENHIMENTO COOPERATIVO DA PONTE DA PEDRA .....	153
7.2	TORRE DE CONTROLO DO AERÓDROMO DE CASTELO BRANCO .....	155
<b>8.</b>	<b>SÍNTESE E CONCLUSÕES .....</b>	<b>161</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>167</b>
9.1	SITES CONSULTADOS.....	173



# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO 1

Figura 1.1- Ciclo Hidrológico .....	3
-------------------------------------	---

## CAPÍTULO 2

Figura 2.1- Sistema predial de aproveitamento das águas pluviais utilizado na Alemanha.....	12
---	----

## CAPÍTULO 4

Figura 4.1- Malha de plástico ou de metal instalada sobre a caleira.....	42
Figura 4.2- Dispositivo comercial de rejeição de água de limpeza do telhado .....	44
Figura 4.3- Dispositivo de rejeição da água de limpeza do telhado utilizado na Austrália.....	45
Figura 4.4- Filtro VF1 de água da chuva.....	45
Figura 4.5- Tubo de entrada com “amortecedor de água 3P Calmet”;.....	46
Figura 4.6- Reservatório de água da chuva com reservatório para rejeição de água de limpeza do telhado do tipo “tonel” .....	47
Figura 4.7- Reservatório de auto-limpeza com válvula de flutuador .....	48
Figura 4.8- Montagem do molde em chapas finas de aço .....	51
Figura 4.9- a) Corte vertical da parede do reservatório; b) Aplicação da primeira camada.....	52
Figura 4.10- Pormenor da base do reservatório e da ligação entre a base e a parede .....	53
Figura 4.11- Custo de Reservatórios de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) em função da capacidade .....	58
Figura 4.12: Custo de Reservatórios de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) em função da capacidade.....	58
Figura 4.13- Custo de Reservatórios de Aço Inox em função da capacidade .....	59
Figura 4.14- Equipamentos da Kessel.....	60
Figura 4.15- Custo de Reservatórios de Betão Armado em função da capacidade.....	61

Figura 4.16: Expressão matemática que traduz o Custo de Reservatórios pequenos de PEAD em função da capacidade.....	62
Figura 4.17- Expressão matemática que traduz o Custo de Reservatórios pequenos de PRFV em função da capacidade.....	63
Figura 4.18- Expressão matemática que traduz o Custo de Reservatórios pequenos em Aço Inox em função da capacidade.....	63
Figura 4.19- Expressão matemática que traduz o Custo de Reservatórios em Betão Armado em função da capacidade.....	64
Figura 4.20- Custo de Reservatórios pequenos em função da capacidade .....	65

## CAPÍTULO 5

Figura 5.1- Distribuição dos consumos numa habitação comum .....	86
Figura 5.2- Fluxograma de cálculo do volume do reservatório para a eficiência máxima.....	89
Figura 5.3- Fluxograma de cálculo da eficiência do aproveitamento com o volume do reservatório conhecido (função <i>CalculaEff()</i> ) .....	90
Figura 5.4- Folha de entrada de dados na ferramenta de cálculo SAAP-EPB.....	92
Figura 5.5- Eficiência do sistema de aproveitamento de água da chuva em função da capacidade do reservatório instalado.....	96
Figura 5.6- Grau de aproveitamento de água da chuva em função da capacidade do reservatório instalado.....	96

## CAPÍTULO 6

Figura 6.1- Habitação unifamiliar – vistas frontal e lateral direita.....	101
Figura 6.2- Habitação unifamiliar – vistas lateral direita e posterior .....	102
Figura 6.3- Habitação unifamiliar: esquemas de tubagens .....	103
Figura 6.4- Habitação unifamiliar: tridimensional de tubagens .....	103
Figura 6.5- Habitação unifamiliar: pormenor de tubagens e do reservatório .....	104
Figura 6.6- WC's do 1º piso da habitação unifamiliar: esquema de tubagens.....	105
Figura 6.7- Filtro “3P Rainus” .....	107

Figura 6.8- Planta da cobertura do reservatório de armazenamento de água da chuva.....	110
Figura 6.9- Planta do reservatório de armazenamento de água da chuva .....	110
Figura 6.10- Corte AA do reservatório de armazenamento de água da chuva.....	111
Figura 6.11- Corte BB do reservatório de armazenamento de água da chuva .....	111
Figura 6.12- Corte CC do reservatório de armazenamento de água da chuva .....	112
Figura 6.13- Corte DD do reservatório de armazenamento de água da chuva.....	112
Figura 6.14- Materiais e acabamentos do reservatório de armazenamento de água da chuva .....	113
Figura 6.15- Legenda de equipamentos do reservatório de armazenamento de água da chuva.....	113
Figura 6.16- Representação tridimensional do reservatório de armazenamento de água da chuva .....	114
Figura 6.17- Hipótese I- Eficiência do SAAP em função da capacidade do reservatório.....	131
Figura 6.18- Hipótese II- Eficiência do SAAP em função da capacidade do reservatório .....	134
Figura 6.19- Hipótese I- Grau de Aproveitamento em função da capacidade do reservatório .....	137
Figura 6.20- Hipótese II- Grau do Aproveitamento em função da capacidade do reservatório.....	140
Figura 6.21: “Saldo” em função do volume do reservatório ao fim de 20 anos para todas as situações em estudo para uma taxa de juro = 3%. .....	146
Figura 6.22- Hipótese I - “Saldo” em função do tempo para um reservatório de 6 m <sup>3</sup> de capacidade para UMA HABITAÇÃO .....	147
Figura 6.23- Hipótese I - “Saldo” em função do tempo para um reservatório de 6 m <sup>3</sup> de capacidade para DUAS HABITAÇÕES.....	147
Figura 6.24- Hipótese I - “Saldo” em função do tempo para um reservatório de 6 m <sup>3</sup> de capacidade para QUATRO HABITAÇÕES .....	148
Figura 6.25- Hipótese II - “Saldo” em função do tempo para um reservatório de 6 m <sup>3</sup> de capacidade para UMA HABITAÇÃO .....	149
Figura 6.26- Hipótese II - “Saldo” em função do tempo para um reservatório de 6 m <sup>3</sup> de capacidade para DUAS HABITAÇÕES.....	149
Figura 6.27- Hipótese II - “Saldo” em função do tempo para um reservatório de 6 m <sup>3</sup> de capacidade para QUATRO HABITAÇÕES .....	150

## CAPÍTULO 7

Figura 7.1- Extracto da Edição do site <a href="http://www.AmbienteOnline.pt">www. AmbienteOnline.pt</a> de dia 03-02-2006 .....	154
Figura 7.2- Extracto da notícia da Edição do Jornal “ <i>Matosinhos Hoje</i> ” de dia 12-04-2006.....	154
Figura 7.3- Extracto da notícia da Edição do Jornal “ <i>Primeiro de Janeiro</i> ” de dia 08-04-2006.....	155
Figura 7.4- Esquema geral do projecto de abastecimento de água da Torre de Controlo do Aeródromo de Castelo Branco.....	156
Figura 7.5- Esquema geral do projecto de abastecimento de água da Torre de Controlo do Aeródromo de Castelo Branco (piso 4-cota 14.50).....	157

# ÍNDICE DE TABELAS

## CAPÍTULO 3

Quadro 3.1- Parâmetros da água da chuva analisados no Kerala – Índia.....	23
Quadro 3.2: Valores limite para o parâmetro cor das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	24
Quadro 3.3- Valores limite para o parâmetro cheiro das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	26
Quadro 3.4- Valores limite para o parâmetro SST das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	26
Quadro 3.5- Valores limite para o parâmetro pH das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	27
Quadro 3.6- Valores limite para os parâmetros Fe e Mn das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	29
Quadro 3.7- Valores limite para os parâmetros Cl e SO <sub>4</sub> das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	30
Quadro 3.8- Valores limite para o parâmetro OD das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	30
Quadro 3.9- Valores limite para o parâmetro CBO <sub>5</sub> das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	31
Quadro 3.10- Valores limite para o parâmetro Nitratos das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	32
Quadro 3.11- Valores limite para o número de colônias de Coliformes Totais das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	33
Quadro 3.12- Valores limite para o número de colônias de Coliformes Totais das águas balneares.....	34
Quadro 3.13- Valores limite para o número de colônias de Coliformes Fecais das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	34
Quadro 3.14- Valores limite para o número de colônias de Coliformes Fecais das águas balneares ....	35
Quadro 3.15- Valores limite para o número de colônias de Streptococos fecais das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano .....	35
Quadro 3.16- Valores limite para o número de colônias de Streptococos fecais das águas balneares.....	36

## CAPÍTULO 4

Quadro 4.1- Quantidades de trabalho e preços para pequenos reservatórios de betão armado .....	61
Quadro 4.2- Técnicas de tratamento de água da chuva .....	66
Quadro 4.3- Condições aproximadas para eliminação dos microorganismos através de calor húmido	72

## CAPÍTULO 5

Quadro 5.1- Coeficiente de <i>Runoff</i> adoptado por Hofkes e Frasier .....	80
Quadro 5.2- Coeficiente de <i>Runoff</i> utilizado por Tucson e Phoenix .....	80
Quadro 5.3- Coeficientes de <i>Runoff</i> de Paulo Sampaio Wilken .....	80
Quadro 5.4- Coeficiente de contribuição referente à inclinação e projecção do telhado utilizado na Bélgica .....	81
Quadro 5.5- Coeficiente de <i>Runoff</i> utilizado na Bélgica .....	81
Quadro 5.6- Coeficiente de <i>Runoff</i> utilizado por Khan para a Índia .....	81
Quadro 5.7- Coeficiente de <i>Runoff</i> utilizado em algumas regiões .....	82
Quadro 5.8- Estimativa dos consumos para uma habitação de quatro pessoas .....	85
Quadro 5.9- Dimensionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva .....	93
Quadro 5.10- Verificação do funcionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva....	98

## CAPÍTULO 6

Quadro 6.1- Caudais mínimos nos dispositivos de utilização água fria ou quente .....	106
Quadro 6.2- Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de abastecimento de água para os três cenários em estudo .....	117
Quadro 6.3- Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de drenagem e reservatório para os três cenários em estudo .....	123
Quadro 6.4- Resumo das estimativas orçamentais globais para os três cenários em estudo .....	127
Quadro 6.5- Hipótese I – Efeitos no consumo de água da rede – Resumo dos resultados obtidos .....	129
Quadro 6.6- Hipótese II – Efeitos no consumo de água da rede – Resumo dos resultados obtidos....	132



Quadro 6.8- Hipótese I – Efeitos no sistema de drenagem municipal – Resumo dos resultados obtidos .....	135
---	-----

Quadro 6.10- Hipótese II – Efeitos no sistema de drenagem municipal – Resumo dos resultados obtidos .....	138
---	-----



## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo A** – Resumo de alguns equipamentos disponíveis no mercado projectados para o aproveitamento da água da chuva:

**A.1** – LINHA DE PRODUTOS DA KESSEL – RAINWATER MANAGEMENT SYSTEMS – “Rainwater...Nature’s Perfect Gift”;

**A.2** – LINHA DE PRODUTOS DA 3P TECHNIK – “Soluções para o Manejo Sustentável das Águas Pluviais”;

**Anexo B** – Peças Desenhadas do Projecto da Habitação unifamiliar apresentada no capítulo 6 para os diferentes cenários:

**B.1** – Hipótese 0;

**B.2** – Hipótese I;

**B.3** – Hipótese II;

**Anexo C** – Impressão dos resultados de uma simulação na ferramenta de cálculo SAAP-EPB para o cenário: Hipótese I - uma habitação.



## LISTA DE SÍMBOLOS E DE ABREVIATURAS

**A** – Superfície de recolha de água da chuva em projecção horizontal ( $\text{m}^2$ )

**c** – Coeficiente de escoamento

**$\text{Ca}^{2+}$**  – Ião Cálcio

**$\text{CaCO}_3$**  – Carbonato de Cálcio

**$\text{CBO}_5$**  – Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias a  $20^\circ \text{C}$

**CFU** – Unidades Formadoras de Colónias

**Cl** – Átomo de Cloro

**COT** – Carbono Orgânico Total

**CQO** – Carência Química de Oxigénio

**ETA** – Estação de Tratamento de Água

**Fe** – Átomo de Ferro

**$\text{Fe}^{2+}$**  – Ião Ferro

**$h_i$**  – Altura de precipitação diária (mm)

**$\text{H}_2\text{SO}_4$**  – Ácido Sulfúrico

**INAG** – Instituto Nacional da Água

**$\text{Mg}^{2+}$**  – Ião Magnésio

**Mn** – Átomo de Manganês

**$\text{Mn}^{2+}$**  – Ião Manganês

**$\text{NO}_2^-$**  – Nitrito

**$\text{NO}_3^-$**  – Nitrato

**$\text{O}_3$**  – Ozono

**OD** – Oxigénio Dissolvido

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**pH** – Potencial de Hidrogénio Iónico

**SAAP** – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

**SO<sub>4</sub>** – Sulfato

**SDT** – Sólidos Dissolvidos Totais

**Sr<sup>2+</sup>** – Ião Estrôncio

**SST** – Sólidos Suspensos Totais

**UNT** – Unidade Nefelométrica de Turbidez

**U.V** – Ultravioleta

**V<sub>anual</sub>** – Volume anual de água da chuva (m<sup>3</sup>)

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**%** – Percentagem

# CAPÍTULO 1

---

## INTRODUÇÃO





## 1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos mais vitais e mais amplamente partilhados do planeta. Embora cerca de  $\frac{3}{4}$  da superfície da Terra esteja ocupada por água, deste total apenas 3% são de água doce. Porém, 80% da água doce está congelada nas calotes polares do Oceano Ártico, na Antártida e nas regiões montanhosas ou em lençóis subterrâneos muito profundos, ou seja somente 20% do volume total de água doce do planeta se encontra imediatamente disponível para o Homem.

As águas que caem nos continentes têm três destinos: penetram no solo, escoam directamente para os cursos de água ou evaporam-se. A parcela da água que percola no subsolo atravessa-o lentamente, alcançando os rios que a encaminham até aos mares. É o chamado Ciclo Hidrológico, um “circuito fechado” em escala planetária, e funciona como tal há biliões de anos, sustentando a vida e participando no seu ciclo biológico.

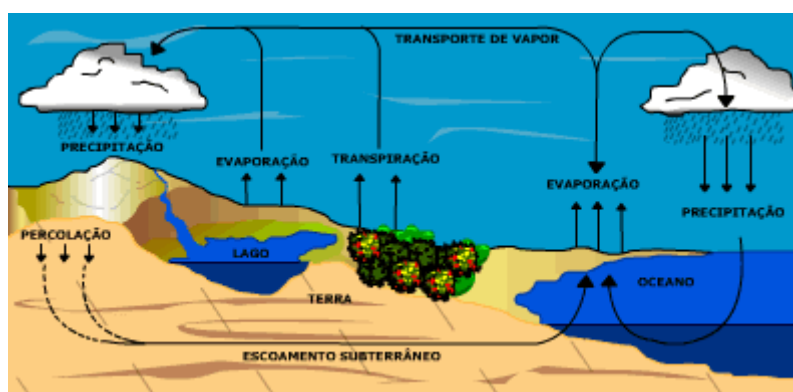


Figura 1.1- Ciclo Hidrológico

Fonte: [www.daescs.sp.gov.br](http://www.daescs.sp.gov.br) (2006)

Até há poucas décadas atrás, os livros clássicos utilizados nos cursos de economia, em todo o mundo, davam a água, o oxigénio, etc., como exemplos de “bens não económicos”, isto é, aqueles que eram tão abundantes e inesgotáveis, que não tinham portanto valor económico. Ela “nascia” generosamente em nascentes e não se questionava de onde esta provinha e se poderia eventualmente ficar poluída ou contaminada, ou até mesmo “secar”.

Com esta atitude ao mesmo tempo ingénua e irresponsável, com o aumento da população mundial, com o enorme aumento do consumo “per capita” registado na últimas décadas (considerado, aliás, como um índice de progresso), e com a consequente queda da disponibilidade, estamos, pelo menos em algumas regiões do globo, com sérios problemas de abastecimento de água, em quantidade e principalmente em qualidade.

Cada vez mais a água doce se tem tornado num recurso escasso e mais degradado do ponto de vista ambiental, com uma relevância política crescente, e cada vez mais valioso do ponto de vista económico e estratégico. A escassez de água sentida em múltiplas necessidades económicas está a aumentar rapidamente em várias partes do mundo.

A escassez e a má utilização dos recursos hídricos conduziram a que a ONU considerasse a água o principal tema do Século XXI, e declarasse o ano de 2003 o Ano Internacional da Água Doce.

O crescimento e consequente expansão urbana caracterizou-se, particularmente nas últimas décadas, por um agravamento relevante da ocupação dos centros urbanos, criando grandes alterações no ciclo hidrológico natural e gerando a ocorrência de situações ameaçadoras do desenvolvimento equilibrado e estável do habitat humano.

Estas alterações do ciclo hidrológico verificam-se quer a nível quantitativo, quer a nível qualitativo, sendo resultado do aumento da impermeabilização do solo, do aumento do escoamento superficial, da criação de obstáculos ao escoamento natural, da artificialização e canalização de cursos de água, bem como da poluição dos meios receptores.

A impermeabilização do solo origina a diminuição da capacidade de infiltração, provocando o aumento do volume da água e da velocidade do escoamento superficial, conduzindo, por isso, ao acréscimo dos caudais de ponta. Segundo ASCE e WEF [1992], a percentagem de áreas impermeáveis numa bacia urbana oscila, em regra, entre 10 a 100%, estando compreendida entre 10 a 30% em locais de baixa densidade residencial, entre 30 e 60% em zonas de densidade residencial elevada e entre 80 e 100% em zonas centrais e comerciais de aglomerados urbanos.

A construção em leito de cheia, bem como a artificialização de linhas de água naturais constituem dois casos de elevada importância no contexto da gestão de águas pluviais, uma vez que se substituem áreas privilegiadas de armazenamento e retenção do escoamento superficial. Esta situação pode conduzir a que o tempo de concentração das bacias de drenagem decresça na proporção de 5 a 15 vezes [DESBORDES 1989, in MATOS 1999]. Segundo o mesmo autor, este fenómeno contribui com um factor multiplicativo de 5 a 50 vezes no valor do caudal de ponta máximo de cheia.

Como consequência destas situações observa-se:

- a) o comportamento deficiente das redes de drenagem, devido a sub-dimensionamento ou entupimentos e obstruções das secções de escoamento, com consequente entrada em carga de colectores e eventuais situações de inundação;
- b) frequente entrada em funcionamento de descarregadores de tempestade ou de segurança, com descargas de caudais excedentes para o meio ambiente provocando um aumento da poluição do meio receptor;
- c) inundações frequentes de zonas baixas das bacias drenadas e o acréscimo da poluição dos meios receptores, dadas as descargas directas de excedentes de sistemas unitários e pseudo-separativos para os meios receptores;
- d) descarga de escoamentos pluviais especialmente poluídas, caídas em rodovias ou outros locais pavimentados, para meios receptores sensíveis.

Por outro lado, em virtude de, em regra, não se proceder ao tratamento adequado das águas pluviais, devido ao conceito tradicional e incorrecto de que a água da chuva não transporta poluentes, a descarga directa de sistemas para o meio receptor pode acarretar uma série de problemas de índole ambiental, nomeadamente aumento de sólidos em suspensão, diminuição do oxigénio dissolvido, aumento da carga bacteriológica e contribuição para a ocorrência de eutrofização do meio [ASCE e WEF, 1992].

Pelas suas características, as soluções de controlo na origem constituem instrumentos privilegiados para a resolução ou minimização dos problemas atrás referidos. Estas técnicas, quando bem implementadas e exploradas, constituem soluções que versam a filosofia do desenvolvimento sustentável, no sentido que não transferem problemas, no espaço (ou seja para jusante) e no tempo.

Controlo na origem de águas pluviais é o conjunto de soluções técnicas ou procedimentos, a montante do sistema físico que é a rede de colectores, e que interferem ao nível da bacia de drenagem. Estas soluções têm como principal finalidade melhorar a infiltração de águas pluviais e/ou retenção temporária de forma a reduzir a afluência de água pluvial ao sistema de colectores. Surgem como uma alternativa, sustentável, a uma abordagem tradicional, que envolve a construção de colectores ou emissários cada vez mais extensos, de maior diâmetro e com crescentes encargos de exploração e conservação. A estratégia e filosofia da abordagem tradicional (designada na terminologia francesa por "tout à l'égout") consiste em recolher tão depressa quanto possível as águas pluviais, transportá-las por baixo do solo em colectores enterrados, e descarregá-las no meio receptor, sem preocupações de controlo de qualidade. As soluções de controlo na origem caracterizam-se, por outro lado, pelo seu grau de descentralização: a estratégia base não é a descarga unidireccional num local ou num número muito limitado de locais, mas sim o envolvimento de várias áreas ou locais de disposição final.

Constituem exemplos de soluções de controlo na origem os poços absorventes, as trincheiras de infiltração, as bacias de infiltração, os filtros de areia enterrados, os reservatórios ou bacias de retenção e sistemas de pavimentos porosos. As lagoas ou leitos de macrófitas são também consideradas soluções de controlo, no seu sentido mais lato, uma vez que têm uma função essencialmente de controlo de qualidade das águas pluviais ou unitárias (mistura de águas pluviais e residuais).

As técnicas de controlo na origem promovem, por um lado, um aumento da infiltração nas zonas de precipitação, evitando que a totalidade do escoamento directo afluia aos sistemas de drenagem; por outro lado, constituem sistemas de retenção e infiltração que permitem um desfasamento no tempo de caudais de ponta, possibilitando também a redução da carga poluente, sem necessidade de recorrer a estações de tratamento convencionais. Este tipo de soluções exige, contudo, uma interacção forte entre os diversos agentes da intervenção urbana, e com os próprios utilizadores, e apresenta condições que favorecem a sua aplicação para fins múltiplos. Podem constituir, por outro lado, elementos de requalificação e valorização do espaço urbano, devendo ser concebidas e articuladas com outros elementos de ordenamento do território e planeamento urbanístico. Há casos em que se pode justificar a implementação de soluções de controlo na origem em áreas urbanas consolidadas, em articulação com as infra-estruturas existentes, no quadro da beneficiação ou melhoria do

comportamento dos sistemas. A necessidade de um planeamento antecipado, quando se pretende a implementação destas técnicas, deve-se ao facto de estas ocuparem, em regra, áreas consideráveis. A necessidade de espaço constitui, porventura, uma das maiores desvantagens deste tipo de soluções em relação aos sistemas de drenagem convencionais.

Em Portugal, a implementação de técnicas de controlo na origem encontra-se ainda numa fase muito incipiente, mas crê-se poder vir a ser um domínio de grande interesse e prioridade, com aplicações privilegiadas em bacias de cabeceira, situadas a montante de áreas urbanas consolidadas, onde as infra-estruturas de drenagem funcionem de forma deficiente. No entanto, no PEAASAR II [2006] alerta-se para a gestão das águas pluviais numa perspectiva ambiental e uma das soluções apresentadas é a promoção de medidas de controlo na origem, o que nos indica que felizmente começamos a dar os primeiros passos neste domínio.

O aproveitamento da água da chuva nas edificações é também uma solução de controlo na origem. Esta solução poderá ter potencial para adiar a necessidade de construir novas barragens, para reduzir as exigências dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas pluviais e para reduzir os impactos no meio ambiente.

## **1.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA**

As duas vantagens fundamentais relacionadas com o aproveitamento da água da chuva são:

- a) Redução do consumo de água potável e do custo de fornecimento da mesma;
- b) Melhor distribuição da carga de água da chuva no sistema de drenagem urbana, o que ajuda a controlar as cheias.

A recolha de água da chuva não é apenas uma medida de conservação de água, é também uma medida de conservação de energia, pois a energia requerida para operar um sistema de água centralizado é reduzida. Além disso diminui a erosão local e as inundações provocadas pelo escoamento superficial resultado de impermeabilizações, tais como telhados de habitações e pavimentos. Deste modo, o escoamento superficial, que regra geral concentra poluentes e degrada canais, transforma-se em água recolhida para satisfazer alguns consumos.

A água da chuva, na sua origem, é uma fonte de água pura. A sua qualidade excede a qualidade da água subterrânea e superficial, pois não está em contacto nem com o solo, nem com rochas, evitando a dissolução de sais e de minerais. Além disso, a qualidade não é afectada por descargas de poluentes em águas superficiais, como por exemplo em rios.

A sua pureza poderá torná-la uma fonte atractiva de água para certas indústrias, nas quais a utilização de água pura é um requisito, como, por exemplo, na indústria de microchips para computadores e de processamento de fotografias.

Tem a vantagem de ser uma fonte de água macia, quando comparada com a água da rede, conduzindo à diminuição significativa da quantidade de detergentes necessária para limpeza.

Além disso, não é necessário tratar a sua dureza, requisito caro frequentemente necessário na água captada em poços.

As desvantagens deste sistema são: o custo de instalação do SAAP e a diminuição do volume de água recolhida em períodos de seca. Além disso é necessário fazer uma manutenção regular do sistema, caso contrário podem surgir riscos sanitários.

O aproveitamento desta fonte de água terá particular interesse quando não há ligação à rede pública, ou seja em habitações isoladas ou indústrias.

## **1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Após este capítulo introdutório, segue o Capítulo 2, onde se apresenta uma breve revisão bibliográfica e a exposição do nível de desenvolvimento dos estudos neste domínio em Portugal e em alguns países do mundo.

No Capítulo 3 fazem-se considerações sobre qualidade da água da chuva e descrevem-se os parâmetros de qualidade da água geralmente avaliados para uma água de consumo humano, para águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano e para águas balneares, bem como os limites legais para cada um dos parâmetros descritos. Apresenta-se também uma proposta de programa de análises para caracterizar a água da chuva e enquadrá-la numa das categorias descritas anteriormente.

No Capítulo 4 descrevem-se pormenorizadamente todos os componentes de um SAAP, desde os telhados das habitações onde se procede à recolha da água da chuva, órgãos de condução, dispositivos de primeira lavagem, reservatórios de armazenamento e tratamento da água. Neste capítulo apresenta-se também um estudo de custos correntes em Portugal para os reservatórios de armazenamento da água de diferentes materiais.

No Capítulo 5 descreve-se o procedimento de cálculo da capacidade dos reservatórios em SAAP's. Apresentam-se os critérios utilizados no programa e folha de cálculo de dimensionamento e verificação de funcionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva.

No Capítulo 6 apresenta-se um caso prático do projecto de um SAAP para instalar numa habitação unifamiliar localizada no Concelho do Porto, bem como a respectiva estimativa orçamental para duas situações distintas: com aproveitamento da água da chuva para consumo não potável excluindo banhos e com aproveitamento da água da chuva para consumo não potável incluindo banhos. Apresentam-se resultados de simulações de SAAP's dotados de reservatórios de armazenamento com capacidades crescentes de forma a ilustrar com casos práticos as duas grandes vantagens da implementação do aproveitamento da água da chuva: redução significativa do consumo de água da rede pública e diminuição do volume de água que se descarrega no sistema de drenagem pluvial municipal. Apresenta-se ainda a folha de cálculo de análise de investimentos, bem como os critérios utilizados no seu desenvolvimento e os resultados obtidos com a aplicação desta a diversos casos de estudo.

No Capítulo 7 apresentam-se dois exemplos pioneiros de projectos em desenvolvimento no domínio do aproveitamento da água da chuva em Portugal. O primeiro deles está em fase de construção e o segundo em fase de projecto.

No Capítulo 8, encontram-se a síntese e as conclusões deste trabalho.

No Anexo 1 descrevem-se sistemas de aproveitamento de água da chuva patenteados no mercado, no Anexo 2 apresentam-se as peças desenhadas do projecto da moradia unifamiliar descrita no Capítulo 6, e no Anexo 3 os resultados de uma simulação na ferramenta de cálculo apresentada no Capítulo 5.

## CAPÍTULO 2

### BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---





## 2. BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Alguns dos principais exemplos de aproveitamento de água da chuva encontram-se actualmente nos Estados Unidos da América (principalmente no estado do Texas, no Havai, e nas Ilhas Virgens), Japão, Hong Kong, Malásia, Índia, Austrália e o Semi-Árido do Nordeste do Brasil.

Desde 1982 existem Associações Internacionais para o Aproveitamento da Água da Chuva (*International Rainwater Catchment Systems Association*), com congressos de dois em dois anos.

Segundo Plínio Tomaz [2003], países industrializados, como o Japão e a Alemanha estão seriamente empenhados no aproveitamento da água da chuva. Outros países, como os EUA, Austrália e Singapura também estão a desenvolver pesquisas na área do aproveitamento da água da chuva. Têm sido desenvolvidos sistemas novos que permitem a captação de água com boa qualidade e de forma simples e económica.

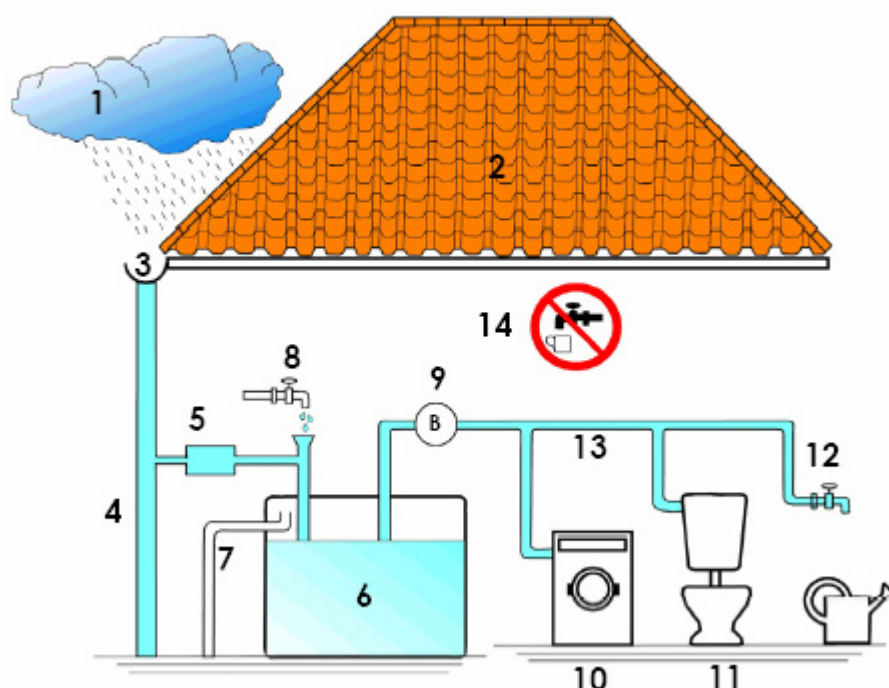
A Agência de Protecção do Ambiente (EPA) aponta, nos Estados Unidos, a existência de mais de 200 mil reservatórios para o aproveitamento de água da chuva. O volume dos reservatórios na Jordânia varia entre os 35 mil litros e 200 mil litros. Em Jerusalém, existe um reservatório com 2,7 milhões de litros.

Segundo Harald Schistek [2001] construir reservatórios de armazenamento de água da chuva é uma tradição antiga em regiões áridas ou semi-áridas do Velho Mundo, como no Médio Oriente e na Ásia, onde a captação de água de chuva para o abastecimento humano faz parte do acervo cultural dos povos há milhares de anos.

Na Califórnia, na Alemanha e no Japão os sistemas de captação de água da chuva são financiados. Em 2003, em Hamburgo na Alemanha, financiavam-se US\$1.500,00 a US\$2000,00 a quem aproveitasse a água da chuva, dado que esta prática também controla os picos de cheia. Hamburgo foi a primeira cidade alemã a instalar SAAP's, a partir de 1988, havendo até ao ano 2000 aproximadamente 1500 sistemas privados de recolha de água da chuva [The Rainwater Technology Handbook 2001, in Tomaz 2003].

Na Alemanha a utilização da água da chuva em habitações unifamiliares, em edificações públicas e em indústrias tem sido recente, desenvolvida nos últimos 10 a 15 anos por pessoas com preocupação ambiental. A ideia é poupar água potável, não a utilizando na descarga de autoclismos, substituindo-a por água recolhida no telhado. A importância económica do mercado de produtos relacionados com a utilização de água da chuva tem tido um crescimento acentuado [Herrmann e Schmida, 1999]. Acredita-se que num futuro próximo o aproveitamento da água da chuva seja feito pelos Serviços Municipalizados de Água e por empresas privadas, para abastecimento de hotéis e complexos de apartamentos [The Rainwater Technology Handbook 2001, in Tomaz 2003].

Na Figura 2.1 apresenta-se um esquema simplificado de um sistema predial de aproveitamento das águas pluviais, utilizado em residências, na Alemanha.



**Figura 2.1-** Sistema predial de aproveitamento das águas pluviais utilizado na Alemanha.

Fonte: Meemken (1994)

**Legenda:** 1- Precipitação; 2 – Superfície de recolha (telhado da habitação); 3 – Caleiras; 4 – Tubos de Queda; 5 – Equipamento de auto-limpeza; 6 – Reservatório de armazenamento de águas pluviais; 7 – Descarga de superfície; 8 – Entrada de água potável; 9 – Equipamento de bombagem; 10 – Máquina de lavar roupa; 11 – descarga de autoclismo de bacia de retrete; 12 – Torneira de utilização restrita para rega de jardim; 13 – Tubo de distribuição de águas pluviais; 14 – Sinalização de aviso de água não potável.

É importante notar que, conforme apresentado nesta figura, na Alemanha, as águas pluviais também são utilizadas em máquinas de lavar roupa.

No Brasil existe um projecto de lei datado de 01/07/2005 que impõe a obrigatoriedade do aproveitamento da água pluvial. Todas as novas construções em que a utilização será comercial, industrial, residencial ou público, localizadas em área urbana, com área construída igual ou superior a 1000 m<sup>2</sup> e/ou consumo de água destinada a fins não potáveis superior a 150 m<sup>3</sup>/mês, deverão obrigatoriamente aproveitar a água pluvial em quantidade compatível com os consumos.

Soares e Gonçalves [2001], referem que é necessário o governo atribuir uma política de incentivo para a implantação do sistema de reutilização das águas residuais cinzentas e aproveitamento de água da chuva.

Alguns autores referem que a recolha e o aproveitamento da água da chuva e das águas residuais cinzentas num só sistema, oferecem mais eficiência. Uma vantagem é que em períodos de estiagem, o sistema é alimentado por águas residuais cinzentas, evitando o armazenamento de grandes volumes de água. Outra vantagem é que, com a mistura dessas duas águas, diminui a concentração de poluentes existentes na água residual cinzenta, pois estes dissolvem-se na água da chuva.

Em Portugal, o Castelo e o Convento dos Templários, localizados na Cidade de Tomar, construídos em 1160, foram abastecidos por água da chuva. Nestes existem dois reservatórios para o aproveitamento de água da chuva, um com 145 m<sup>3</sup> e outro com 215 m<sup>3</sup>.

A água da chuva ainda hoje é encarada pela legislação portuguesa como sendo água residual. Geralmente esta é recolhida dos telhados através das caleiras, desce até ao nível do pavimento térreo pelos tubos de queda e é conduzida por colectores e caixas de visita até ao colector municipal.

Felizmente começa a haver consciência ambiental no nosso país e começam a existir empreendimentos de “habitação sustentável”. No início do ano de 2005 arrancou um projecto-piloto resultante de uma candidatura ao programa europeu "Habitação Sustentável na Europa", em Leça do Balio (Matosinhos), em que, entre outras inovações, se faz aproveitamento da água da chuva.

Em Ílhavo (Aveiro), as novas Instalações dos Bombeiros Voluntários, actualmente em fase de projecto, também se prevê que tenham um SAAP. O reservatório de armazenamento, com cerca de 1300 m<sup>3</sup>, será cavado na terra e a sua impermeabilização será realizada através de um geotêxtil. Os canais que conduzem a água superficial até ao reservatório serão de terra onde serão colocadas macrófitas que farão a depuração da água. Além da água pluvial também serão aproveitadas a água de lavagem dos pavimentos e a água cinzenta resultante das máquinas de lavar roupa, bidés e chuveiros das instalações sanitárias. Este efluente será utilizado para encher os autotanques de combate a incêndios e nas descargas de autoclismo das instalações sanitárias.

Existem, actualmente, manuais que descrevem um sistema de aproveitamento de água da chuva, com figuras elucidativas e explicativas, que procuram informar o cidadão comum e fomentar a aplicação destes sistemas.



## CAPÍTULO 3

### QUALIDADE DA ÁGUA

---



### 3. QUALIDADE DA ÁGUA

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE QUALIDADE DE ÁGUA DA CHUVA

Segundo Coombes [2002], mais de 3 milhões de australianos utilizam a água da chuva para beber. Tendo em conta que a média de pessoas por habitação é de 2.7, então mais de 1.11 milhões de habitações australianas utilizam água da chuva para fins potáveis. Embora o risco de contrair doenças a partir da água da chuva dos reservatórios seja pequeno, existem registos na Austrália onde originou doenças. De qualquer forma, para eliminar possíveis riscos de saúde provocados pela utilização da água da chuva, é preferível aproveitá-la para fins menos nobres.

Investigações levadas a cabo na Alemanha no domínio da sua utilização em lavagem de roupas concluíram que a utilização da água da chuva na máquina de lavar roupa é segura.

Segundo o "Texas Guide to Rainwater Harvesting", [1997], a água da chuva é a água natural mais macia, com dureza zero para todos os fins práticos. Quase não apresenta minerais nem sais dissolvidos, e a sua qualidade é próxima da qualidade da água destilada.

Segundo o "Guidance on the use of rainwater tanks", Austrália, [1998], a água da chuva no momento em que cai no telhado da casa é suave, limpa e isenta de microorganismos e contaminantes químicos. Porém, durante a recolha e armazenamento há um potencial para contaminação química, física e microbiológica.

Em muitas áreas urbanas industrializadas a atmosfera está poluída a um grau tal que a própria água da chuva é considerada imprópria para beber [Thomas e Greene, 1993]. Nos EUA, num raio de 48 km dos centros urbanos a água da chuva não é recomendada para beber, salvo se não existir outra fonte disponível [Grove, 1993]. Metais pesados, como o chumbo, causam potenciais riscos, sobretudo em áreas com densidade de tráfego elevada, ou na proximidade de indústrias de maquinaria pesada [Yaziz *et al.*, 1989; Thomas e Greene, 1993]. Embora geralmente a contaminação atmosférica séria da água da chuva esteja limitada a áreas urbanas e industriais, existem estudos no nordeste dos EUA que revelam a presença de pesticidas e herbicidas em zonas rurais, proporcionando motivos de preocupação [Richards *et al.*, 1987]. Compostos químicos orgânicos, tais como organoclorados e organofosfatados que compõem os pesticidas, também podem contaminar a água da chuva.

Apesar de existirem numerosas fontes de poluição atmosférica os níveis de contaminação da água da chuva são baixos, na maior parte do mundo, especialmente em locais rurais e ilhas. Conforme já referido, a principal fonte de contaminação ocorre após o contacto da água com a superfície de recolha (telhado ou chão) e durante o transporte e armazenamento [Waller 1989].

A chuva uma vez em contacto com o telhado, ou com a superfície de recolha, pode arrastar bactérias, algas, protozoários e outros produtos para o interior do reservatório de armazenamento.

Em áreas rurais, onde a poluição não é geralmente um problema, podem ser tomados vários passos simples para reduzir a contaminação das fontes de água da chuva. Na ausência de poluição atmosférica séria, é possível proteger a qualidade da água na sua superfície de recolha, por exemplo nos telhados. É natural que a água recolhida no solo esteja seriamente contaminada não sendo recomendada a sua utilização para fins potáveis, salvo se for previamente tratada [Gould e McPherson, 1987]. Esta água é contudo adequada para a maioria das utilizações sem tratamento, com excepção do consumo humano.

### 3.1.1 Contaminação microbiológica

Segundo Gould [1999], vários estudos têm demonstrado que devido à contaminação provocada pela superfície de recolha, a água da chuva armazenada, frequentemente não garante os padrões da OMS no que diz respeito aos critérios de qualidade microbiológica.

Diversos estudos identificaram a presença de agentes patogénicos específicos, os quais podem causar um risco potencial para a saúde. Existem muitas referências a agentes patogénicos, tais como *Salmonella*<sup>1,3,4</sup>, *Legionella-like spp.*<sup>2</sup>, *Clostridium perfringens*<sup>3</sup>, *Aeromonas*<sup>4</sup>, *Vibrio parahaemolyticus*<sup>4</sup>, *Campylobacter*<sup>5</sup>, *Cryptosporidium*<sup>6</sup>, *Giardia*<sup>6</sup>, que foram isolados de amostras de água da chuva [<sup>1</sup>Chareonsook *et al.* 1986, <sup>2</sup>Lye 1992, <sup>3</sup>Fujioka *et al.* 1991, <sup>4</sup>Wirojanagud *et al.* 1989, <sup>5</sup>Brodribb *et al.* 1995, <sup>6</sup>Crabtree *et al.* 1996]. É no entanto difícil comprovar causa directa entre a contaminação microbiológica e a saúde, especialmente quando os níveis de contaminação são baixos. A escassez de estudos que citem relações provadas entre surtos de doenças e abastecimentos de água da chuva não surpreende, dada esta dificuldade e o facto de muitos casos individuais não serem apresentados, ou não conduzirem a investigações posteriores [Simmons e Heyworth 1999]. Isto é principalmente porque a maior parte dos abastecimentos de água da chuva são utilizados por famílias simples, reduzindo assim a probabilidade de uma grande quantidade de pessoas serem afectadas com um simples surto de doença.

### 3.1.2 Contaminação química

Diversos estudos examinaram os constituintes químicos da água da chuva armazenada e concluíram que geralmente cumprem, para uma vasta gama de parâmetros, os padrões de qualidade de água potável da OMS [Haebler e Waller 1987, Scott e Waller 1987, Michealides 1986, 1989]. Em poucos casos foram detectados níveis ligeiramente elevados de magnésio e de zinco, não representando qualquer risco sério para a saúde [Wirojanagud *et al.*, 1989]. A causa principal de preocupação é os níveis de chumbo. Um estudo piloto de 25 abastecimentos de água da chuva domésticos, para água potável, em redor de Auckland, na Nova Zelândia, encontrou chumbo excedendo os padrões australianos de água potável em 12 % dos reservatórios examinados [Simmons, Hope and Lewis 1997]. Níveis de chumbo excedendo 3.5 vezes os dos padrões de água potável da OMS também foram observados em Selangor, Malásia [Yaziz *et al.*, 1989].

O chumbo é um veneno cumulativo que pode ter vários efeitos adversos, que incluem sérios impactos no sistema nervoso central. A exposição a chumbo de fetos no útero e de crianças são as situações de maior preocupação [NHMRC/ NRMMC, 2004].



Como precaução não se deve utilizar soldadura com chumbo nem em telhados, nem em calceiras que servirão de órgãos de recolha e condução de água da chuva, pois a qualidade ligeiramente ácida da água da chuva pode dissolver o chumbo e contaminar o abastecimento de água. No caso de telhados de construções existentes, devem ser completamente examinados no que diz respeito à existência de qualquer conteúdo em chumbo na fase de concepção de qualquer projecto de recolha de água da chuva. Sempre que se detecte a sua existência e sempre que seja possível, deve ser retirado e substituído por outro material.

Quando os sistemas de recolha em telhado têm uma manutenção deficiente, permitindo um acumular de detritos de folhas no reservatório, a água armazenada pode tornar-se mais ácida. Quando o PH baixa a água da chuva torna-se mais agressiva e pode dissolver metais e outros constituintes dos reservatórios, torneiras, tubagens e depósitos de lamas no fundo do reservatório.

### **3.1.3 Protecção da qualidade da água**

Os métodos para preservar ou melhorar a qualidade da água da chuva num SAAP incluem o projecto adequado e a correcta operação e manutenção do mesmo, utilização de dispositivos de “primeira lavagem”, e tratamento. O tratamento é principalmente adequado como acção de correcção caso se suspeite de contaminação. Os sistemas de “primeira lavagem” podem ser eficazes na redução da contaminação desde que sejam conservados correctamente. Um bom projecto e a operação e manutenção do sistema são, regra geral, os meios mais simples e eficazes de preservar a qualidade da água.

#### **➤ Projecto adequado do sistema**

O melhor passo inicial na preservação da qualidade da água num SAAP é assegurar o seu projecto adequado. Regra geral, a qualidade da água irá melhorar durante o seu armazenamento, desde que se excluam a luz e os microorganismos do reservatório, e desde que o fluxo de água não agite os sedimentos acumulados no fundo. O projecto deve incluir:

- a) Um telhado limpo e impermeável com um acabamento de material suave, limpo e não tóxico. Devem ser removidos ramos de árvores pendentes sobre a superfície de recolha;
- b) As tubagens de saída de água dos reservatórios devem estar pelo menos 5 cm acima do fundo dos mesmos, em especial se as taxas de acumulação de detritos forem elevadas. O fundo do reservatório deve ser inclinado em direcção a uma depressão e deve ter uma entrada de homem para inspecção. Estes elementos facilitarão as operações de limpeza do reservatório;
- c) Todas as entradas de água deverão ser dotadas de uma malha de filtragem para impedir a entrada no reservatório de insectos, rãs, sapos, cobras ou pequenos mamíferos ou pássaros. Este deve ser coberto e totalmente resguardado da luz para prevenir o crescimento de algas;

- d) Devem ser incorporados no sistema um filtro grosseiro e/ou dispositivo de “primeira lavagem”, de forma a interceptar a água antes de entrar no reservatório, removendo folhas e outros detritos.

#### ➤ **Operação e manutenção**

A operação e manutenção adequadas dos sistemas de aproveitamento de água da chuva ajudam a preservar a qualidade da água. A inspecção regular e a limpeza das caleiras, dos tubos de queda e dos reservatórios reduzem a probabilidade de contaminação. A remoção de folhas e de outra matéria orgânica das caleiras e dos reservatórios ajudam também a prevenir que a água da chuva armazenada se torne ácida e dissolva metais do reservatório, das torneiras e tubagens, e dos depósitos de lama.

A superfície de recolha, o reservatório, as caleiras, os filtros e outros componentes do sistema devem ser inspeccionados regularmente e limpos ou reparados quando necessário.

Durante os primeiros dias após precipitação intensa, se possível, a água não deverá ser consumida directamente do reservatório sem tratamento.

A fraca manutenção dos reservatórios tem sido a responsável pelos potenciais riscos de saúde. Algumas doenças têm sido provocadas por água da chuva armazenada em reservatórios localizados perto de indústrias pesadas, como por exemplo de uma fundição de chumbo.

#### ➤ **Dispositivos de “primeira lavagem” e filtragem**

Embora os dispositivos de “primeira lavagem” e filtragem não sejam essenciais para o abastecimento de água potável quando a operação e manutenção do sistema de aproveitamento é correcta, podem aumentar significativamente a qualidade da água. No entanto, quando operados incorrectamente poderão conduzir à perda de caudal disponível (devido a transbordo), e até mesmo à contaminação do abastecimento. Sempre que se inclua um dispositivo de “primeira lavagem” deverá ser muito simples e não deverá exigir operação e manutenção regulares.

#### ➤ **Tratamento**

O tratamento da água da chuva armazenada apenas faz sentido se for feito correctamente e se a recolha higiénica e a utilização da água assegurarem que esta não sofre nova contaminação. Existem vários tipos de tratamento possível, sendo os mais comuns a filtração e a desinfecção (por cloro, por exposição a radiações UV ou por exposição a luz natural).

O bom senso simplifica muito os procedimentos de tratamento. Por exemplo, se a utilização pretendida para a água da chuva é interior, para usos domésticos potáveis ou não potáveis, incluindo chuveiro e descarga de autoclismos, devem ser aplicadas práticas apropriadas de filtração e desinfecção. Se a água da chuva é utilizada no exterior, para irrigação do jardim, as exigências de tratamento são menos restritas, ou até desnecessárias.

Segundo Herrmann e Schmida [1999], o processo de limpeza mais eficiente para a água da chuva que escorre no telhado é a sedimentação natural no reservatório de armazenamento.

Segundo os autores, o método mais simples de tratamento é evitar a mistura turbulenta no interior do reservatório, de forma a prevenir que os sedimentos entrem na coluna de água.

Em Portugal parece não existir qualquer investigação no domínio da caracterização da qualidade da água da chuva. Só com a obtenção de um conjunto representativo de amostras, em vários pontos do nosso país, e com os resultados de um programa de análises se poderá averiguar para que fins esta é adequada sem qualquer tipo de tratamento e quais as necessidades de tratamento para que possa ser aproveitada para consumo potável.

### **3.2 PROGRAMA DE ANÁLISES: PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA GERALMENTE AVALIADOS**

Nos três primeiros pontos deste sub-capítulo é apresentada a regulamentação portuguesa aplicável, bem como a listagem dos parâmetros de qualidade da água geralmente avaliados de acordo com o fim a que a que esta se destina: **água para consumo humano, águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano e águas balneares**. No ponto quatro é apresentado um programa de análises com os parâmetros da água da chuva a analisar, bem como uma descrição de cada um deles em particular e os limites regulamentares conforme o fim para o qual é adequada a sua utilização.

#### **3.2.1 Parâmetros de qualidade da água para consumo humano**

A qualidade da água destinada ao consumo humano é regulada pelo Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro, que transpõe para o direito interno a Directiva nº 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro.

São medidos os parâmetros microbiológicos, químicos e indicadores para controlar a qualidade da água para consumo humano.

Os **parâmetros microbiológicos** são parâmetros indicadores da presença de contaminação microbiológica. A presença destes indica que poderão estar presentes microorganismos causadores ou transmissores de doenças (patogénicos). São indicadores de eventuais perigos para a saúde pública e a sua presença pode ser muito variável ao longo do tempo, dependendo de uma desinfeção eficaz e controlada. Os parâmetros microbiológicos a analisar são: *Escherichia Coli* (*E. Coli*) e Enterococos.

Os **parâmetros químicos** incluem parâmetros relativos a substâncias indesejáveis e parâmetros relativos a substâncias tóxicas. Substâncias tóxicas são substâncias que podem induzir doenças se houver uma ingestão continuada de água com excesso das mesmas, como exemplo têm-se o Cádmio e o Chumbo. Os parâmetros químicos a analisar são: Acrilamida, Antimónio, Arsénio, Benzeno, Benzo(a) pireno, Boro, Bromatos, Cádmio, Crómio, Cobre, Cianetos, 1,2 dicloretano, Epicloridrina, Fluoretos, Chumbo, Mercúrio, Níquel, Nitratos, Nitritos, Pesticida individual, Pesticidas totais, Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), Selénio, Tetracloroetano e tricloroetano, Tri-halometanos total (THM) e Cloreto de vinilo.

Os **parâmetros indicadores** incluem parâmetros organolépticos, parâmetros microbiológicos, parâmetros físico-químicos e parâmetros relativos a substâncias indesejáveis. Os parâmetros organolépticos são parâmetros para os quais os consumidores são muito sensíveis, mas que por si só não representam risco para a saúde pública, como exemplo tem-se o cheiro, o sabor e a turvação. Os parâmetros físico-químicos incluem uma série de parâmetros indicativos da qualidade da água e que reflectem o bom funcionamento dos sistemas de tratamento utilizados. Em situações normais, estes parâmetros não representam risco para a saúde humana, como exemplo tem-se o alumínio, os cloretos, o pH, a condutividade, etc. Alguns dos parâmetros relativos a substâncias indesejáveis são indicadores do estado de degradação da qualidade da água e por si só não comportam riscos para a saúde pública, outros como por exemplo, o ferro e o manganês, têm implicações no estado de conservação dos componentes dos sistemas e/ou em concentrações elevadas ou muito elevadas poderão ser tóxicos. Os parâmetros indicadores a analisar são: Alumínio, Amónio, Cloretos, *Clostridium perfringens* (incluindo esporos), Cor, Condutividade, pH, Ferro, Manganês, Cheiro a 25°C, Oxidabilidade, Sulfatos, Sódio, Sabor a 25°C, Número de colónias a 22°C e a 37°C, Bactérias coliformes, Carbono Orgânico Total, Turvação,  $\alpha$ -total,  $\beta$ -total e Trítio.

### 3.2.2 Parâmetros de qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano

A qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano é regulada pelo Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto.

Para controlar a qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano são analisados parâmetros organolépticos, microbiológicos, físico-químicos, indesejáveis e tóxicos.

Os parâmetros **organolépticos** a analisar são: Cor e Cheiro.

Os parâmetros **microbiológicos** a analisar são: Coliformes totais, Coliformes fecais, *Escherichia coli* e *Salmonella*.

Os parâmetros **físico-químicos** a analisar são: pH a 25°C, Temperatura, Condutividade, Sulfatos, Cloretos e Oxigénio dissolvido.

Os parâmetros **relativos a substâncias indesejáveis** a analisar são: Sólidos Suspensos Totais, Fluoretos, Cloro orgânico total extraível, Ferro dissolvido, Manganês, Cobre, Zinco, Boro, Cobalto, Bário, Substâncias tensoactivas (que reagem com o azul-de-metileno), Fosfatos, Fenóis, Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados, Azoto Kjeldahl (excluindo o azoto de NO<sub>2</sub> e NO<sub>3</sub>), Azoto amoniacal, Substâncias extraíveis com clorofórmio, Carbono orgânico total (COT), Carbono orgânico residual após floculação e filtração através de membrana.

Os parâmetros **relativos a substâncias tóxicas** a analisar são: Berílio, Níquel, Vanádio, Arsénio, Cádmio, Crómio total, Chumbo, Selénio, Mercúrio, Cianetos, Hidrocarbonetos aromáticos polinucleares e Pesticidas totais (paratião, hexaclorociclo-hexano, dieldrina e outros).

Outros parâmetros a analisar incluem a Carência Química de Oxigénio (CQO) e a Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>, 20°C).

### 3.2.3 Parâmetros de qualidade das águas balneares

A qualidade das águas doces superficiais destinadas a fins balneares é regulada pelo Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto.

Para controlar a qualidade das águas balneares são analisados parâmetros microbiológicos, físico-químicos, e outras substâncias consideradas como indicadores de poluição.

Os parâmetros **microbiológicos** a analisar são: Coliformes Totais, Coliformes Fecais, *Escherichia coli*, *Salmonella* e Enterovírus.

Os parâmetros **físico-químicos** a analisar são: pH, Cor, Óleos Minerais, Substâncias tensioactivas (que reagem com o azul de metileno), Fenóis (índice de fenóis), Transparência, Oxigénio dissolvido, Resíduos de alcatrão, matérias flutuantes (tais como madeira, plásticos, garrafas, recipientes de vidro, de plástico, de borracha ou de outro material, detritos ou fragmentos), Azoto Amóniacal e Azoto Kjeldahl.

Outras substâncias consideradas como **indicadores de poluição** a analisar são: Pesticidas, Cianetos, Nitratos, Fosfatos e Metais pesados, tais como: Arsénio, Cádmio, Crómio, Chumbo e Mercúrio.

### 3.2.4 Parâmetros da qualidade de água da chuva a analisar

Segundo Pushpangadan e Sivanandan [2001], os parâmetros analisados da água da chuva para Kerala, na Índia são os que se apresentam no Quadro 3.1 que se segue:

Quadro 3.1- Parâmetros da água da chuva analisados no Kerala – Índia

Fonte: Pushpangadan e Sivanandan (2001)

Parâmetros: análises Físicas, Químicas e Bacteriológicas			
Cor	PH	Ferro	Sólidos dissolvidos totais
Turvação	Dureza	Sulfatos	Óxigénio Dissolvido (OD)
Sabor	Cálcio	Nitratos	Cloro Residual
Cheiro	Magnésio	Fluoretos	Coliformes Fecais
Alcalinidade			

Descrevem-se de seguida cada um dos parâmetros identificados como necessários num programa de análises para uma primeira avaliação da qualidade da água da chuva em Portugal, bem como os limites regulamentares impostos de acordo com o fim a que se destina a sua utilização.

### 3.2.4.1 Análises físicas

#### ➤ Cor

A cor na água é originada pelo contacto da água com resíduos orgânicos, como por exemplo folhas e sementes, com produtos de decomposição da lenhina, como por exemplo húmus e taninos e iões metálicos naturais, por exemplo ferro e magnésio e resíduos industriais corantes, por exemplo tinturarias, têxteis, curtumes e pasta de papel.

Numa água natural, a “cor verdadeira” é devida a extractos vegetais e à matéria orgânica coloidal e dissolvida e é normalmente amarelo-acastanhado. É a cor obtida após filtração ou centrifugação da amostra, removendo a turvação.

A “cor aparente” é causada não só pelos colóides mas também pela matéria em suspensão. Para determinar a cor aparente a água deve ser analisada “tal qual”, sem filtração prévia ou centrifugação da amostra.

A cor é um parâmetro medido por razões estéticas e devido à poluição associada à matéria orgânica. A intensidade da cor geralmente aumenta com o pH.

Determina-se por colorimetria, utilizando padrões à base de platina (Pt)-cobalto (Co), exprimindo-se o resultado em unidades da escala Pt-Co.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro o parâmetro cor das *águas para consumo humano* deve ser inferior a 20 mg/l, escala PtCo.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro cor das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.2 que se segue:

**Quadro 3.2: Valores limite para o parâmetro cor das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Cor	mg/l, escala Pt-Co	10	20	50	100	50	200

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro cor das *águas balneares* não deve apresentar alterações anormais por inspecção visual quinzenal.

#### ➤ **Turvação**

A turvação é a expressão da propriedade óptica turbidez, que ocorre quando há dispersão da radiação em vez de transmissão em linha recta. Esta é originada pela matéria em suspensão na água, como por exemplo compostos orgânicos corados solúveis e matéria inorgânica finamente dividida, plâncton e microorganismos. É obtida a partir da quantidade de luz dispersa pelas partículas.

A turvação é um parâmetro medido por razões estéticas (qualquer população exige água para consumo sem qualquer turvação), pelo aumento da dificuldade e do custo da filtração com a turvação e por forma a facilitar a desinfecção, pois a utilização de desinfectantes no tratamento da água só é eficiente se houver contacto entre estes e os microorganismos a eliminar, e pode não ser totalmente eficiente se houver muitas partículas em suspensão, escondendo no seu interior os microorganismos e protegendo-os da acção do desinfectante.

É comum a utilização de nefelómetros para medir a turvação, exprimindo-se os resultados em UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Na nefelometria, é comparada a intensidade de luz dispersa pela amostra, em condições definidas, com a intensidade de luz dispersa por um padrão (suspensão de formazina), nas mesmas condições.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro turvação das *águas para consumo humano* deve ser inferior a 4 UNT.

#### ➤ **Cheiro**

É causado por substâncias dissolvidas, frequentemente de natureza orgânica, como fenóis e clorofenóis, resíduos industriais, gases dissolvidos, etc.

O cheiro pode ser medido sensorialmente (pelo olfacto humano) ou por métodos instrumentais, em situações particulares. O cheiro na atmosfera, pelo método sensorial, determina-se com o número de diluições necessárias (com ar inodoro) para reduzir o cheiro à concentração limiar mínima detectável.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro o factor de diluição do parâmetro cheiro das *águas para consumo humano* deve ser inferior a 3.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro cheiro das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.3 que se segue:

**Quadro 3.3- Valores limite para o parâmetro cheiro das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Cheiro	Factor de diluição, a 25°C	3	–	10	–	20	–

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

➤ **Sólidos**

A concentração de sólidos totais determina-se a partir da massa de resíduo seco após a evaporação da água a 103-105 °C. Pode distinguir-se a fracção solúvel e coloidal (Sólidos Dissolvidos Totais – SDT) da fracção insolúvel (Sólidos Suspensos Totais – SST), por filtração através de membrana filtrante de vidro seguida de evaporação/ secagem. O teor de SDT é determinado por evaporação e secagem do resíduo a 180+/-2°C. O conteúdo volátil dos sólidos dissolvidos totais ou sólidos suspensos totais é obtido por calcinação a 500+/-50 °C. O resíduo que se obtém após calcinação corresponde à fracção fixa ou não volátil.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro Sólidos Suspensos Totais (SST) das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.4 que se segue:

**Quadro 3.4- Valores limite para o parâmetro SST das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Sólidos Suspensos Totais	mg/l	25	–	–	–	–	–

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.



**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

### 3.2.4.2 Análises químicas

#### ➤ pH

A medição do pH é um dos testes mais importantes e frequentes na análise de águas e efluentes. Praticamente todas as fases de tratamento e controlo da água são dependentes do pH: neutralização, precipitação, coagulação, desinfecção, etc.

O pH é uma forma de exprimir a concentração, ou mais precisamente a actividade do ião hidrogenião (ião  $H^+$ ). É utilizado universalmente para expressar o carácter ácido ou alcalino de uma solução. Com a análise do pH da água é possível prever a corrosibilidade desta, quando o pH é baixo, ou a ocorrência de incrustações no interior das condutas do sistema de distribuição, quando o pH é elevado.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro o parâmetro pH das *águas para consumo humano* deve situar-se entre 6,5 e 9,0 unidades de pH.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro pH das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.5 que se segue:

**Quadro 3.5- Valores limite para o parâmetro pH das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
pH, 25°C	Escala de Sorensen	6,5-8,5	—	5,5-9,0	—	5,5-9,0	—

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro pH das *águas balneares* deve situar-se entre 6,5 e 9,0 unidades de pH.

### ➤ Alcalinidade

A alcalinidade de uma água é uma medida da sua capacidade para neutralizar ácidos (capacidade de tamponização).

Os maiores contribuintes para a alcalinidade em águas naturais são os iões bicarbonato, carbonato e hidróxido e em menor grau sais de ácidos fracos, tais como boratos, fosfatos, silicatos e substâncias orgânicas, que provocam uma elevação do pH acima de um determinado valor.

Para águas superficiais, a alcalinidade abaixo de 30 mg/l é considerada baixa e acima de 250 mg/l é considerada elevada. Valores médios para águas dos rios rondam os 100-150 mg/l.

Para além do efeito de tampão, minimizando as variações de pH, a alcalinidade reduz a toxicidade dos metais pesados, formando complexos com estes.

Determina-se pelo método titrimétrico, fazendo a titulação com um ácido forte ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) exprimindo-se habitualmente o resultado em mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ .

### ➤ Dureza

A dureza total é a soma das concentrações dos catiões metálicos polivalentes, expressa normalmente em  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ . Os principais catiões responsáveis pela dureza são o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e em menor extensão o  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e o  $\text{Mn}^{2+}$ .

Em termos simples a dureza representa a capacidade da água precipitar os sabões. Estes iões reagem com os detergentes formando um precipitado e com alguns aniões presentes na água para formar incrustações.

A dureza da água reflecte a natureza das formações geológicas que estão em contacto com a água. Águas duras estão normalmente associadas a zonas calcárias.

São consideradas águas duras aquelas que necessitam grande quantidade de detergentes para formar espuma e as que formam incrustações nas tubagens e caldeiras.

As águas são classificadas em termos de dureza da seguinte forma:

- 1) Macia – entre 0 e 75 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ;
- 2) Média – entre 75 e 150 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ;
- 3) Dura – entre 150 e 300 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ;
- 4) Muito Dura – superior a 300 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ;

### ➤ Ferro e Manganês

O ferro, muitas vezes associado ao manganês, confere à água um sabor amargo adstringente e coloração amarga e turva, decorrendo da precipitação do mesmo quando oxidado. O manganês é semelhante ao ferro, porém menos comum, a sua cor característica é o castanho.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro os parâmetros ferro e manganês das *águas para consumo humano* deve ser inferior a 0,2 mg Fe/l e 0,05 mg Mn/l.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto os parâmetros Ferro e Manganês das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.6 que se segue:

**Quadro 3.6- Valores limite para os parâmetros Fe e Mn das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Ferro	mg/l Fe	0,1	0,3	1,0	2,0	1,0	–
Manganês	mg/l Mn	0,05	–	0,1	–	1,00	–

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

### ➤ Cloretos e Sulfatos

O cloretos associam-se ao conteúdo mineral de uma água. Concentrações inferiores a 250 mg/l não provocam perigo, teores superiores originam gosto desagradável.

Os iões sulfatos são um dos maiores aniões existentes no ambiente. Acima de 250 mg/l têm um efeito nocivo nos humanos. Originam odores por formação de sulfídrico e problemas de corrosão e problemas industriais nas caldeiras e permutadores de calor.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro os parâmetros Cloretos e Sulfatos das *águas para consumo humano* devem ser inferiores a 250 mg Cl/l e 250 mg SO<sub>4</sub>/l, respectivamente.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto os parâmetros Cloretos e Sulfatos das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.7 que se segue:

**Quadro 3.7- Valores limite para os parâmetros Cl e SO<sub>4</sub> das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Cloretos	mg/l Cl	200	—	200	—	200	—
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub>	150	250	150	(O)250	150	(O)250

(O) Os limites podem ser excedidos em caso de condições geográficas ou meteorológicas excepcionais

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

## ➤ Oxigénio Dissolvido (OD)

O parâmetro ambiental Oxigénio Dissolvido permite determinar se os processos biológicos são aeróbios ou anaeróbios e verificar se se mantêm condições favoráveis ao crescimento e reprodução normal de organismos aquáticos. É ainda a base do teste da carência bioquímica de oxigénio, a determinação mais importante utilizada para avaliar a capacidade poluente dos resíduos industriais e domésticos e é utilizado para controlo da taxa de arejamento em processos biológicos.

O Oxigénio Dissolvido é interferente na corrosão do ferro e do aço, particularmente em sistemas de distribuição de água e geradores de calor.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro Oxigénio Dissolvido das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.8 que se segue:

**Quadro 3.8- Valores limite para o parâmetro OD das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Oxigénio dissolvido (*)	% saturação de O <sub>2</sub>	70	—	50	—	30	—

(\*) Os limites podem ser excedidos para os parâmetros marcados com em lagos de pouca profundidade e baixa taxa de renovação.

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto a percentagem máxima de saturação de O<sub>2</sub> recomendável valor para o parâmetro Oxigénio Dissolvido das *águas balneares* deve ser entre 80 e 120.

➤ **Carência Bioquímica de Oxigénio**

Exprime a quantidade de oxigénio necessário para oxidar a matéria orgânica biodegradável, por meio de uma população microbiológica mista. As diferentes CBO para uma determinada temperatura e período de incubação obtêm-se incubando a amostra a uma temperatura constantes durante o número de dias pretendido. Se a amostra é incubada a 20°C e o consumo de oxigénio é medido ao fim de 5 dias, obtém-se a CBO<sub>5</sub>.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro Carência Bioquímica de Oxigénio das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.9 que se segue:

**Quadro 3.9- Valores limite para o parâmetro CBO<sub>5</sub> das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Carência bioquímica de oxigénio (CBO <sub>5</sub> , 20°C) (*)	mg/l O <sub>2</sub>	3	–	5	–	7	–

(\*) Os limites podem ser excedidos para os parâmetros marcados com – em lagos de pouca profundidade e baixa taxa de renovação.

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

## ➤ Nitratos e Nitritos

Os nitritos ocupam uma posição intermédia no processo de oxidação do azoto amoniacal a nitratos e na redução deste a azoto gasoso ou óxidos de azoto, em condições anaeróbias. Não aparecem ou aparecem em concentrações muito baixas em águas naturais não poluídas, pois são rapidamente oxidados a nitratos por acção de nitrobactérias.

Mesmo em concentrações muito baixas são tóxicos para a fauna aquática. São oxidados a  $\text{NO}_3^-$  pelo cloro, fomentando o consumo deste produto no processo de desinfecção dos efluentes tratados.

Os nitratos constituem a forma mais oxidada do azoto presente nas águas residuais ou efluentes tratados. Nas estações de tratamento que não incluem um processo de desnitrificação, obtém-se um efluente muito rico em nitratos, com vários inconvenientes ao nível do meio hídrico receptor (perigo de eutrofização) e de algumas utilizações da água (a concentração máxima admissível em águas para consumo doméstico é de 50 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ).

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro os parâmetros Nitratos e Nitritos das *águas para consumo humano* devem ser inferiores a 50 mg/l  $\text{NO}_3$  e 0,50 mg/l  $\text{NO}_2$ , respectivamente.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o parâmetro Nitratos das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.10 que se segue:

**Quadro 3.10- Valores limite para o parâmetro Nitratos das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Nitratos (*)	mg/l $\text{NO}_3$	25	(O) 50	—	(O) 50	—	(O) 50

(\*) Os limites podem ser excedidos para os parâmetros marcados com em lagos de pouca profundidade e baixa taxa de renovação.

(O) Os limites podem ser excedidos em caso de condições geográficas ou meteorológicas excepcionais

### **Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

### **Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

### 3.2.4.3 Análises bacteriológicas

#### ➤ Coliformes Totais

O grupo dos coliformes totais inclui todas as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogénicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C.

Para além de existirem no solo, nos vegetais e em muitas águas residuais industriais, são abundantes no efluente doméstico, pelo que constituem um indicador importante de contaminação bacteriológica de origem humana.

Bactérias que pertencem ao grupo coliforme têm como habitat o tracto intestinal do homem e de outros animais.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro o número de colónias de Bactérias Coliformes das *águas para consumo humano* deve ser nulo.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o número de colónias de Coliformes Totais das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.11 que se segue:

**Quadro 3.11- Valores limite para o número de colónias de Coliformes Totais das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Coliformes totais	/100 ml	50	–	5000	–	50000	–

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o número de colónias de Coliformes Totais das *águas balneares* deve garantir os limites do Quadro 3.12 que se segue:

**Quadro 3.12- Valores limite para o número de colónias de Coliformes Totais das águas balneares**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMR	VMA
Coliformes Totais	/100 ml	500	10 000

### ➤ Coliformes Fecais

São bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais. São caracterizados pela presença da enzima  $\beta$ -galactosidade e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C, em meios contendo sais biliares ou outros agentes tensioactivos com propriedades inibidoras semelhantes.

São coliformes de origem fecal e, por isso, o melhor indicador da poluição provocada por excreções de animais de sangue quente. Algumas bactérias patogénicas presentes nas fezes humanas pertencem ao grupo dos coliformes e são, por isso, determinadas como coliformes fecais.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro o número de colónias de Bactérias Coliformes das *águas para consumo humano* deve ser nulo.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o número de colónias de Coliformes Fecais das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.13 que se segue:

**Quadro 3.13- Valores limite para o número de colónias de Coliformes Fecais das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
Coliformes fecais	/100 ml	20	—	2000	—	20000	—

**Nota 1:**

**VMR** — valor máximo recomendado.

**VMA** — valor máximo admissível.

**Nota 2:**

**Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:**

**Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.

**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.

**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o número de colónias de Coliformes Fecais das *águas balneares* deve garantir os limites do Quadro 3.14 que se segue:



**Quadro 3.14- Valores limite para o número de colónias de Coliformes Fecais das águas balneares**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMR	VMA
Coliformes Fecais	/100 ml	100	2 000

### ➤ Enterococos

São bactérias do grupo dos *Streptococcus* fecais, pertencentes ao género *Enterococcus*. Constitui outro indicador de poluição fecal largamente utilizado. Os *streptococcus* podem viver mais tempo no meio aquático natural do que os coliformes fecais, mas existem em muito menor número nas fezes humanas. São mais abundantes nas fezes de alguns animais domésticos (por exemplo cães e gatos) e de muitos animais selvagens. Contrariamente ao que se verifica com os coliformes, os *streptococcus* fecais são capazes de resistir a um tratamento químico a PH 9 ou superior.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro o número de colónias de *Enterococcus* das *águas para consumo humano* deve ser nulo.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o número de colónias de *Streptococcus* fecais das *águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano* deve garantir os limites do Quadro 3.15 que se segue:

**Quadro 3.15- Valores limite para o número de colónias de *Streptococcus* fecais das águas doces superficiais ou subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetro	Expressão dos resultados	A1		A2		A3	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
<i>Streptococcus</i> fecais	/100 ml	20	—	1000	—	10000	—

**Nota 1:****VMR** — valor máximo recomendado.**VMA** — valor máximo admissível.**Nota 2:****Esquemas tipo de tratamento referentes às classes A1, A2 e A3 das águas superficiais:****Classe A1** — tratamento físico e desinfecção.**Classe A2** — tratamento físico e químico e desinfecção.**Classe A3** — tratamento físico, químico de afinação e desinfecção.

De acordo com o Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto o número de colónias de *Streptococcus* fecais das *águas balneares* deve garantir os limites do Quadro 3.16 que se segue:

**Quadro 3.16- Valores limite para o número de colónias de *Streptococos* fecais das águas balneares**

Fonte: Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMR	VMA
Streptococos fecais	/100 ml	100	-

### ➤ Clostrídios sulfitorredutores

Pertencente ao grupo de bactérias de *Clostridium Perfringens*, a análise deste tipo de bactérias tem sido utilizada como indicador bacteriológico de contaminação fecal, pois a sua incidência no meio aquático está constantemente associada a dejectos humanos, sendo a sua presença detectada em fezes, esgotos e águas poluídas. Essas bactérias apresentam elevado potencial patogénico, com elevada morbilidade devido a várias toxinas e enzimas produzidas por este microorganismo. A presença destas bactérias na água pode causar intoxicações alimentares, gastroenterites, gangrena gasosa (doença letal) e enterite necrosante.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro o número de colónias de *Clostridium Perfringens* das *águas para consumo humano* deve ser nulo.

### ➤ *Pseudomonas Aeruginosas*

São bactérias frequentemente encontradas na matéria fecal, no solo, em água e no esgoto. Como esta não está universalmente presente na matéria fecal e no esgoto não pode ser utilizada como um indicador de contaminação fecal. Esta bactéria pode multiplicar-se num ambiente aquático enriquecido e na superfície de materiais orgânicos em contacto com a água. Porém, a sua presença pode ser utilizada para avaliar a limpeza geral do sistema de distribuição de água e a qualidade da água engarrafada.

Esta bactéria também tem sido encontrada em vários alimentos. Em indivíduos com baixa resistência, como idosos e crianças, este tipo de bactéria quando ingerido pode causar infecções do tracto intestinal e urinário.

De acordo com o Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro o número de colónias de *Pseudomonas Aeruginosas* das *águas para consumo humano* deve ser nulo. O controle destas bactérias é necessário apenas para água à venda em garrafas ou outros recipientes.

## CAPÍTULO 4

### COMPONENTES DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

---



## **4. COMPONENTES DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

### **4.1 SUPERFÍCIE DE RECOLHA**

Em geral, a superfície de recolha dos sistemas de aproveitamento da água da chuva domésticos é o telhado da habitação. A qualidade da água recolhida no telhado depende dos materiais utilizados na sua construção, dos materiais que nele se depositam e da sua manutenção.

Os telhados devem ser limpos e lavados uma ou duas vezes por ano, em particular no fim da estação seca. Árvores eventualmente pendentes sobre eles devem ser podadas de forma a reduzir a quantidade de folhas e impossibilitar o acesso de gatos, roedores ou pássaros, os quais conduzem ao aumento da deposição de detritos.

Em grandes centros urbanos e industriais os telhados podem estar sujeitos ao aumento de deposição de contaminantes, incluindo metais pesados e químicos derivados da grande densidade de tráfego, das indústrias, das incineradoras e das fundições [Cunliffe, 1998]. Em alguns casos a qualidade do ar na região pode obrigar a que a água recolhida no telhado seja apenas utilizada para fins não potáveis.

Segundo Coombes [2002], a probabilidade de quantidades significativas de fezes animais contaminarem a superfície de recolha é baixa. Assim, o risco de patogénicos responsáveis pelas principais doenças com origem na água (tais como cólera, febre tifóide, disenteria) é mínimo. Contudo, a água recolhida no telhado pode estar contaminada por fezes de pássaro e de pequenos animais, por pó e por folhas, particularmente em épocas secas.

A descarga de água de aplicações montadas no telhado, como por exemplo de ar condicionado, de serviços de água quente e de painéis solares não deve ser drenada para a superfície de recolha da água da chuva.

Os telhados podem ser constituídos por uma variedade de materiais, tais como telha de cimento ou argila (terracotta), lâminas de liga zinco/alumínio e de aço galvanizado, fibrocimento, lâminas de policarbonatos ou de fibra de vidro, e ardósia. Em telhados novos, independentemente do material utilizado, é aconselhável desviar a primeira chuvada significativa do reservatório. Deste modo é desviado o pó e outros detritos deixados no telhado resultantes da construção [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

A recolha de água da chuva varia com o tamanho e a textura do telhado. Um telhado de material mais macio, liso e impermeável contribui para o aumento da qualidade e quantidade da água recolhida. Em coberturas de metal as perdas são desprezáveis, em coberturas de cimento a média das perdas é inferior a 10 % e em coberturas à base de betume e de cascalho o máximo são 15% de perdas. As perdas também podem ocorrer nos órgãos de condução

(caleiras e tubos de queda) e no armazenamento [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

Independentemente do material do telhado muitos projectistas assumem perdas na precipitação anual até 25%. Estas perdas dependem de vários factores: do material e textura do telhado (o qual reduz a velocidade do escoamento), da evaporação, e de ineficiências no processo de recolha [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

#### **4.1.1 Cobertura de fibrocimento**

Embora coberturas deste tipo não se utilizem muito em habitações novas, ainda podem existir em algumas habitações mais antigas (dos anos 70). As fibras de amianto quando inaladas em quantidades suficientes são perigosas para a saúde, no entanto não se acredita que a sua presença na água para beber constitua um risco.

Em muitas partes do mundo têm sido detectadas fibras de amianto na água para beber sem efeitos conhecidos para a saúde [NHMRC/ NRMCC, 2004].

Nas operações de limpeza de telhados deste tipo devem ser evitados métodos de alta pressão. Sempre que seja possível este material deve permanecer intacto, uma vez que as fibras de amianto ligadas ao fibrocimento podem ser libertadas para o ar por acções de corte, moagem ou perfuração.

As zonas do telhado em que este material se deteriorou devem ser substituídas por materiais sem amianto.

#### **4.1.2 Cobertura à base de cimento ou telhas de argila**

A cor da camada superficial da cobertura à base de cimento ou de telhas de argila oxida por desgaste natural ao longo do tempo. Esta camada oxidada pode quebrar lentamente e ser conduzida para o interior do reservatório de água da chuva, corando a água. Não é tóxica e, quando não é perturbada, assenta no fundo do reservatório. Quando o material depositado é remexido, a cor na água pode reaparecer, como por exemplo após uma chuvada. Se esta situação se tornar um problema o telhado e as caleiras devem ser lavadas de forma a prevenir a entrada do material oxidado no interior do reservatório e este deve ser esvaziado e limpo.

#### **4.1.3 Pinturas ou protecções para os telhados**

Antes de comprar materiais ou tintas para aplicar em telhados que serão utilizados como superfície de recolha da água da chuva para *consumo potável*, deverão ser lidas e observadas as recomendações, procuradas possíveis advertências e, em caso de dúvidas, deverão ser esclarecidas com os respectivos fabricantes.

*Pinturas baseadas em chumbo (incluindo primários)* – são pinturas tóxicas e não satisfatórias para utilização em superfícies de recolha de água da chuva para consumo humano.

*Pintura acrílica* – nas primeiras chuvadas após a sua aplicação, este tipo de pintura vai lixiviar substâncias químicas dissolvidas, inclusivamente detergentes; estas chuvadas não devem ser recolhidas.

*Base de betume (alcatrão)* – geralmente não é recomendada, pois pode lixiviar substâncias perigosas ou causar problemas de paladar na água.

#### **4.1.4 Madeira tratada quimicamente**

A utilização de madeira tratada quimicamente deve ser evitada em zonas onde pode entrar em contacto com água da chuva que vai ser recolhida em reservatórios para uso doméstico. As substâncias químicas utilizadas no processo de preservação da madeira podem ser libertadas da madeira tratada e conduzidas para o reservatório de armazenamento.

Se for utilizada cobertura de madeira é necessário assegurar que não foi tratada com substâncias químicas que possam deteriorar a qualidade da água.

#### **4.1.5 Soldadura com chumbo**

Telhados pintados com tintas que possuam chumbo, ou telhados que possuam acessórios em chumbo, podem contribuir para níveis demasiadamente elevados de contaminação da água armazenada [Gee, 1993; Cunliffe, 1998 e Simmons *et al.*, 2001].

Para sistemas de recolha em telhados existem várias fontes potenciais de contaminação por chumbo, incluindo a utilização de soldadura a chumbo, tintas ou primários à base de chumbo e a deposição de partículas na superfície de recolha em regiões sujeitas a poluição devida a tráfego intenso ou indústria de maquinaria pesada.

A lixiviação do chumbo é um problema maior em telhados mal conservados e em caleiras onde este processo é agravado pela acção ácida da água contendo substâncias orgânicas provenientes de detritos de folhas.

Em resumo:

- a) No caso de se estar a projectar uma construção nova deve adoptar-se uma cobertura de metal devido à sua durabilidade e ao facto da superfície ser lisa;
- b) As coberturas de telha de argila e de ardósia também são apropriadas para o aproveitamento da água da chuva para utilização em água potável. Como são porosas, podem ser revestidas com pinturas especiais, evitando assim o crescimento bacteriano;
- c) As coberturas de fibrocimento, de placas de madeira tratada quimicamente e alguns telhados pintados ou com protecção de betume podem lixiviar materiais tóxicos na água da chuva, a qual é recomendada apenas para usos não potáveis;

- d) O chumbo não deve ser aplicado nem no telhado, nem na soldadura das caleiras, pois a qualidade ligeiramente ácida da água da chuva pode dissolvê-lo contaminando a mesma.

## 4.2 ÓRGÃOS DE CONDUÇÃO

A água da chuva que flui no telhado é recolhida nas caleiras e conduzida através dos tubos de queda ao reservatório de armazenamento. As caleiras recolhem não apenas a água, mas também os sedimentos, as fezes de pássaro e de outros animais, folhas e detritos. A acumulação destes materiais nos órgãos de condução pode proporcionar o crescimento bacteriano e contribuir para a contaminação da água armazenada [Cunliffe, 1998]. Pode também atrair pássaros e roedores, aumentando assim a contaminação fecal da superfície de recolha e diminuir o volume de água que pode ser recolhido [Duncan e Wight, 1991]. De forma a limitar a contaminação da água deverá realizar-se a inspecção regular e a limpeza dos órgãos de condução [Cunliffe, 1998 e Gee, 1993].

Duncan e Wight [1991] descobriram que caleiras que não eram limpas há mais de 2 anos proporcionavam qualidade de água comparável com caleiras que eram limpas regularmente. Porém, como medida de segurança, estes autores recomendam inspecções regulares e limpeza anual das caleiras. Existem vários sistemas disponíveis que excluem as folhas e os sedimentos antes da entrada da água no reservatório de armazenamento de água da chuva. Mobbs [1998] utilizou estes sistemas numa habitação num subúrbio de Sydney e relatou que a qualidade da água da chuva da maioria das amostras recolhidas no reservatório da água da chuva respeitava as Normas Australianas de *Água Potável* (Australian Drinking Water Guidelines, 2004).

As caleiras podem ser protegidas de detritos grandes, como por exemplo ramos e folhas maiores, com uma malha de plástico ou de metal instalada em toda a sua extensão, como se apresenta na Figura 4.1, mas partículas menores acumulam-se continuamente e exigem remoção regular.

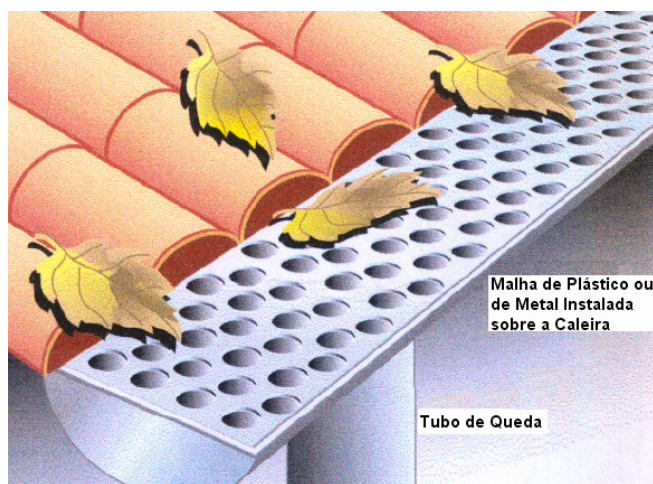


Figura 4.1- Malha de plástico ou de metal instalada sobre a caleira

Fonte: Waterfall (2004) in Simone May (2004)



Os órgãos de condução necessitam ser correctamente dimensionados e instalados, de forma a maximizar a quantidade de água da chuva recolhida. As caleiras devem ter inclinação contínua e suficiente em direcção aos tubos de queda, de forma a prevenir a concentração de água, a qual pode conduzir ao aumento da acumulação de detritos, ao crescimento de algas e possivelmente proporcionar um local para criação de mosquitos. É razoável instalar as caleiras com uma inclinação de 1/100 a 1/500.

O material mais comum dos órgãos de condução, no Texas, é o alumínio. Frequentemente também se utiliza o aço galvanizado. Utilizam-se ainda outros materiais, tais como o cobre e o aço inoxidável, mas estes são mais caros que os anteriores. Os tubos de queda normalmente são do mesmo material que as caleiras, mas apresentam uma secção transversal inferior. As interligações entre as caleiras e os tubos de queda são normalmente em policloreto de vinilo (PVC).

Tal como na superfície de recolha, é importante assegurar que os órgãos de condução não tenham chumbo, nem qualquer outro tratamento que possa contaminar a água da chuva.

### 4.3 DISPOSITIVOS DE PRIMEIRA LAVAGEM (FIRST-FLUSH)

Após um longo período seco é boa prática fazer um “*by-pass*” da primeira chuvada ao reservatório. Admite-se que a primeira chuva lava a superfície do telhado, a qual pode conter grandes quantidades de pó acumulado, de dejectos de pássaro e de outros animais, de folhas e de outros detritos [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

No caso da água da chuva ser utilizada para *consumo humano*, a lavagem do telhado e a eliminação da primeira chuvada (first-flush) são de preocupação especial [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

Muitos autores incluindo Jenkins e Pearson [1978], Clarke [1987] e Yaziz *et al.*, [1989] admitem que a qualidade da água do telhado melhora com a acumulação da precipitação. Coombes [2002], no desenvolvimento das experiências de Figtree Place, na Austrália, chegou a uma conclusão semelhante.

Yaziz *et al.*, [1989] sugerem que os primeiros 0.33 mm de chuva devem ser rejeitados do escoamento do telhado e Jenkins e Pearson [1978] recomendam que os primeiros 0.25 mm de chuva devem ser separados da chuva que escorre no telhado por forma a minimizar contaminação da água da chuva armazenada. Porém Yaziz *et al.*, [1989] explicam que a qualidade da chuva que escorre no telhado varia em função da altura de precipitação, da sua intensidade e da duração dos períodos secos antecedentes. Coombes [2002], com base nos resultados das experiências de Figtree Place, na Austrália, sugere que pelo menos o primeiro 1 mm de chuva de um telhado deve ser separado e impedido de entrar no reservatório de água da chuva.

No Texas sugere-se que estes sistemas sejam projectados de forma a que pelo menos sejam desviados 0,50 litros de água por cada m<sup>2</sup> de área de telhado. A água desperdiçada pode ser

utilizada para utilizações não potáveis, tais como lavagem de pavimentos e rega de relva ou de jardim [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

Segundo Tomaz [1998] na Flórida utilizam-se 0,40 litros por  $m^2$  de superfície de telhado, ou seja, o volume do reservatório de auto-limpeza deverá ter capacidade de 0.40 l/ $m^2$ . Dacach [1990], considera que o reservatório de auto-limpeza deverá ter 0.80 a 1.5 l/ $m^2$  de área de telhado.

Existem alguns dispositivos de primeira lavagem disponíveis comercialmente e a sua instalação é vista como um meio para melhorar a qualidade da água que vai ser recolhida nos reservatórios.

### 4.3.1 Dispositivos comerciais de rejeição de água de limpeza do telhado

Nos Estados Unidos, no Estado do Texas, utiliza-se um dispositivo muito simples, que se apresenta na Figura 4.2. Consiste numa conduta vertical instalada no extremo montante da caleira, antes do tubo de queda. De um modo geral esta conduta é em PVC, com diâmetros entre 150 a 200 mm, a qual no fundo possui uma válvula e um orifício de limpeza. Muitos destes dispositivos de limpeza prolongam-se desde a caleira até ao solo. Uma vez este tubo cheio, a água da chuva passa a fluir para o tubo de queda que a conduz ao reservatório de armazenamento [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

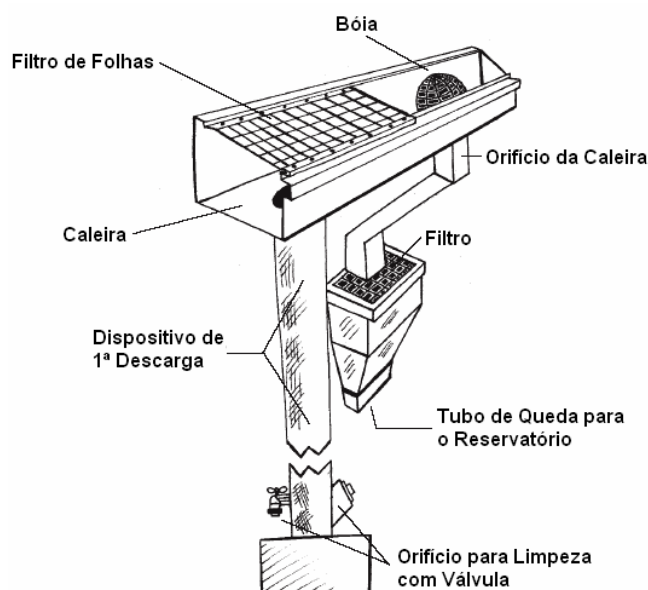
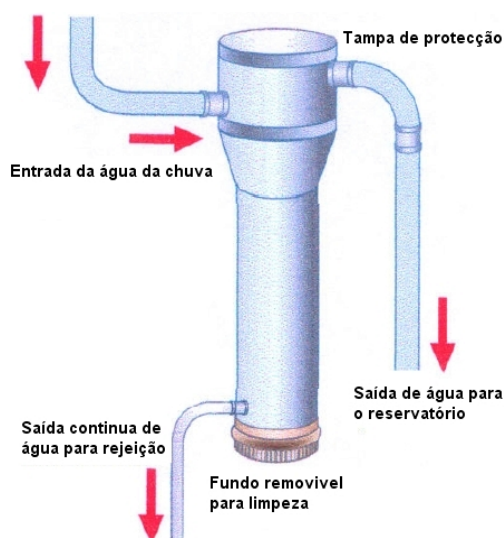


Figura 4.2- Dispositivo comercial de rejeição de água de limpeza do telhado

Fonte: Texas Guide to Rainwater Harvesting (1997)

Na Austrália é utilizado um dispositivo também muito simples que se apresenta na Figura 4.3. Segundo Marks [2001] o seu funcionamento processa-se de modo similar ao anterior: a água de limpeza do telhado é conduzida através de um tubo vertical e armazenada num pequeno reservatório. Quando este estiver cheio a água da chuva transborda por um tubo que a conduz

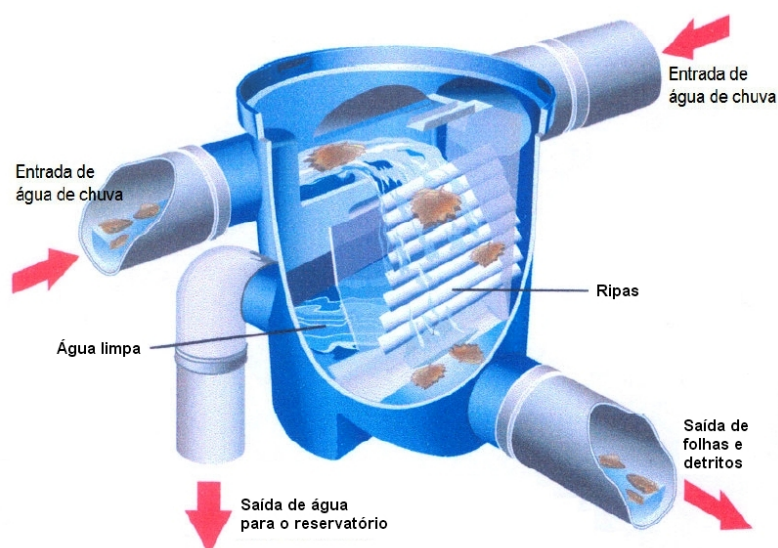
para o reservatório de armazenamento. O uso deste equipamento é aconselhável para pequenas superfícies de recolha.



**Figura 4.3- Dispositivo de rejeição da água de limpeza do telhado utilizado na Austrália**

Fonte: <http://www.eng.newcastle.edu.au>

Segundo a empresa alemã 3P Technik [2005], o filtro VF1 utilizado nos seus sistemas de recolha e aproveitamento da água da chuva funciona do seguinte modo: a água da chuva que cai sobre o telhado é recolhida pela caleira, desce pelo tubo de queda passando no filtro VF1 onde ocorre separação de detritos de dimensões superiores a 0.26 mm, como por exemplo folhas. Na Figura 4.4 observa-se o esquema de um filtro VF1.



**Figura 4.4- Filtro VF1 de água da chuva**

Fonte: 3P Technik (2005)

À medida que a água chega o seu nível vai subindo, e é distribuída equitativamente pelas ripas da cascata de filtragem. Os resíduos mais grosseiros, como por exemplo, folhas, passam por cima das ripas da cascata e são rejeitados. A água da chuva, abaixo das ripas da cascata, passa por uma tela com malha de 0.26 mm (filtragem secundária) e é conduzida para o reservatório. Os detritos são conduzidos para o sistema de drenagem pluvial.

Na tubagem de acesso ao reservatório, e já dentro deste, é colocado um “amortecedor de água”, Figura 4.5, comercializado também pela mesma empresa, que não permite que a água que entra atinja a camada depositada no fundo. Ao mesmo tempo, a parte inferior da água armazenada recebe uma injeção de oxigénio, o qual dificulta a ocorrência de um processo anaeróbio na água estagnada.



Figura 4.5- Tubo de entrada com “amortecedor de água 3P Calmet”;

Fonte: 3P Techink (2005)

O reservatório possui uma válvula de flutuador que permite que a água mais limpa seja a seleccionada para ser elevada para o sistema de distribuição.

No Anexo A.2 apresenta-se a linha completa dos produtos da empresa alemã 3P TECHNIK – “Soluções para o Manejo Sustentável das Águas Pluviais”.

### 4.3.2 Reservatório para rejeição de água de limpeza do telhado

Segundo Dacach [1990] este sistema funciona do seguinte modo: a água do telhado é recolhida pela caleira, conduzida pelo tubo de queda até um reservatório do tipo “tonel” com uma capacidade fixa, dependente da área de captação. Este deve ser provido de um pequeno orifício na parede inferior, com cerca de 0.5 cm de diâmetro.

O tubo de queda apresenta uma derivação horizontal para alimentar o reservatório de água da chuva. Na Figura 4.6 apresenta-se um esquema do funcionamento deste reservatório.

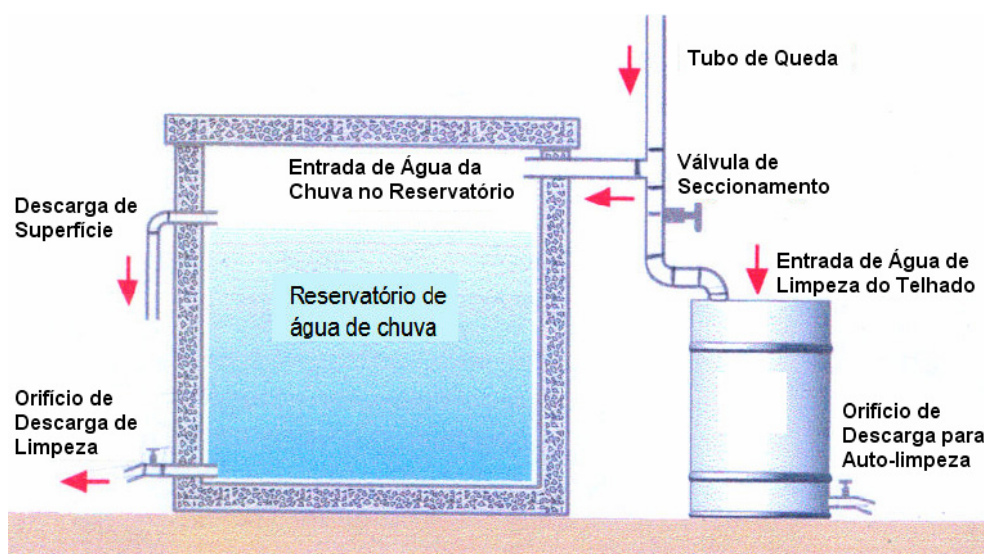


Figura 4.6- Reservatório de água da chuva com reservatório para rejeição de água de limpeza do telhado do tipo “tonel”

Fonte: Dacach (1990) in Simone May (2004)

Segundo Dacach [1990], ao iniciar-se a chuvada, a água desce até ao reservatório de limpeza de onde sai parcialmente pelo orifício. Como a vazão do orifício é pequena, o nível da água recolhida vai subindo no interior do “tonel” e, posteriormente entra no trecho inferior da tubagem, passando para o reservatório de armazenamento.

A descarga através do orifício só desaparece minutos após a cessação da chuva, com o total esvaziamento do reservatório de limpeza. A quantidade de água rejeitada é maior do que a capacidade do mesmo.

### 4.3.3 Reservatório de auto-limpeza com válvula de flutuador

Para rejeição da água de limpeza do telhado pode utilizar-se um reservatório munido de uma válvula de flutuador. O volume do reservatório de auto-limpeza é calculado em função da área do telhado e do volume de água necessário para fazer a limpeza do telhado.

O sistema funciona do seguinte modo: a água da chuva é recolhida pela calceira, conduzida pelo tubo de queda e entra no reservatório de auto-limpeza, situado sobre o reservatório de armazenamento. A entrada de água no reservatório de auto-limpeza é munida de uma válvula de flutuador.

Ao iniciar a chuvada, o reservatório de auto-limpeza está vazio e recebe água da chuva. O nível da água neste sobe, até atingir a posição limite, implicando o fecho automático da válvula de flutuador. Neste instante a água começa a ser conduzida para o reservatório de armazenamento de água da chuva. Finda a chuvada, o orifício de descarga para auto-limpeza da água será aberto para esvaziá-lo e retornar às condições iniciais de funcionamento. Na Figura 4.7 é apresentado um esquema de um reservatório deste tipo.

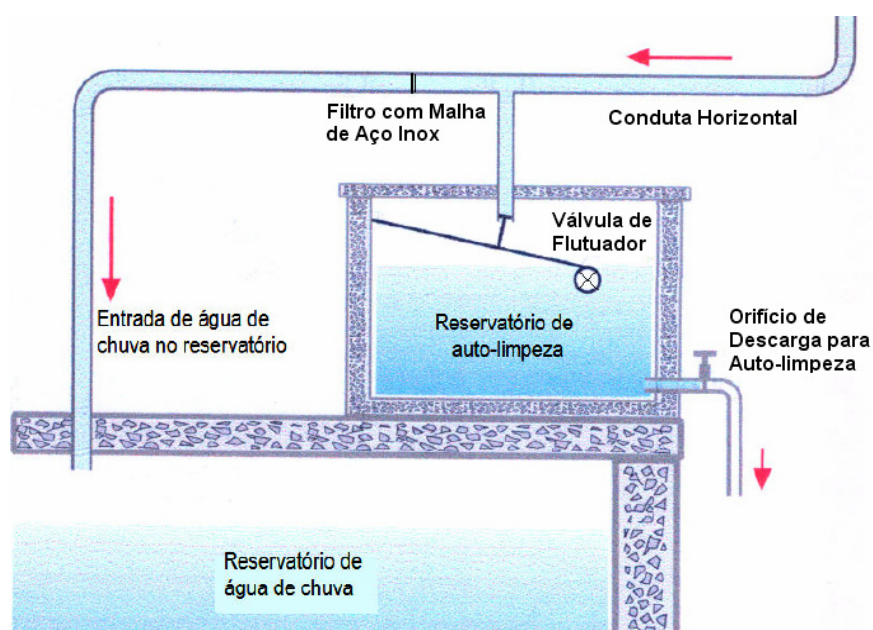


Figura 4.7- Reservatório de auto-limpeza com válvula de flutuador

Fonte: Dacach (1990) in Simone May (2004)

Segundo Tomaz [1998] o reservatório de auto-limpeza poderá apresentar grades removíveis para remoção de materiais que poderão obstruir as tubagens de entrada e de saída do reservatório. Poderá também ser utilizada uma grade ou dispositivo de remoção à saída da caleira.

#### 4.4 RESERVATÓRIOS PARA ARMAZENAMENTO

Outro componente do sistema, além do telhado, é o reservatório de armazenamento da água da chuva. Enquanto que o telhado é um custo assumido na maior parte dos projectos, o reservatório representa o investimento mais significativo no sistema de recolha de água da chuva. De forma a maximizar a eficiência do sistema, o seu plano de construção deverá reflectir decisões acerca da sua melhor localização, da sua capacidade e da selecção do material.

Autores como Duncan e Wight [1991] e Gee [1993] relatam que a qualidade da água da chuva que escoar nos telhados melhora nos reservatórios. Segundo Coombes [2002], nas experiências de Figtree Place e de Maryville, na Austrália, também se verificou que a qualidade da água que fluía no telhado melhorava nos reservatórios. Verificou-se ainda que num reservatório a qualidade da água variava da superfície para o ponto de provisão de água, perto do fundo. O reservatório foi concebido para que a qualidade no ponto de provisão fosse melhor que à superfície.

#### 4.4.1 Localização

A localização dos reservatórios poderá ser acima ou abaixo do solo. As instalações acima do solo evitam custos associados com a escavação e com certas questões de manutenção; reservatórios abaixo do solo beneficiam de temperaturas mais frescas. De forma a maximizar a eficiência, os reservatórios devem localizar-se tão perto quanto possível de ambos os pontos, o de fornecimento e o de consumo. Se se pretender a utilização da água da chuva por gravidade, os reservatórios deverão localizar-se no ponto com maior cota possível.

O reservatório poderá beneficiar se for localizado numa zona de sombra. A luz solar directa pode aquecer a água e estimular o crescimento de algas e o crescimento bacteriano, afectando a qualidade da água.

Em Portugal não existem regulamentos específicos relativos a sistemas de aproveitamento de água da chuva. Nos Estados Unidos, no Estado do Texas, para assegurar a confiança da fonte de água, sugere-se que os reservatórios de armazenamento se situem pelo menos a 15 m da possível fonte de poluição, como por exemplo de estábulos de animais, de latrinas, ou caso o reservatório se localize abaixo do terreno, de fossas sépticas [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

No caso do reservatório ser a única fonte de água da habitação, na escolha do local de implantação é aconselhável ter em consideração a possível necessidade de introdução de água por uma fonte auxiliar, como por exemplo, por um camião cisterna, no caso da fonte de água estar esgotada ou devido à sua utilização excessiva, ou a condições de seca. Assim, deve localizar-se num local acessível por um autotanque, preferencialmente perto de uma estrada ou caminho, e posicionado de modo a evitar atravessamentos de linhas de água, de colectores de águas residuais e de relvados ou jardins.

#### 4.4.2 Características de projecto

O material escolhido tem de ser durável, estanque em relação ao exterior, liso no interior e selado com juntas de material não tóxico. Se o destino da água armazenada for o *consumo potável*, deve garantir-se que as pinturas e o material das juntas sejam adequados. A cobertura deve ser estanque para prevenir a evaporação e a criação de mosquitos, e para preservar o reservatório da entrada de insectos, pássaros, lagartos, rãs e roedores.

Todos os reservatórios, e em especial reservatórios destinados ao fornecimento de água potável, não devem permitir a penetração da luz solar, pois provoca o crescimento de algas no seu interior. No fundo do reservatório pode ser previsto um compartimento para deposição de partículas.

Projectar um sistema com duas células proporciona alguma flexibilidade, que valoriza o sistema. No entanto, um reservatório adicional representa também um custo adicional, embora este represente uma capacidade acrescida. Isto acontece porque dois reservatórios mais pequenos, por exemplo de 6750 litros cada um, são geralmente mais caros que um único reservatório de 13500 litros. O benefício principal de um sistema com mais do que um



reservatório é que o sistema pode permanecer operacional se um deles estiver em manutenção.

É necessário fazer uma inspecção regular e uma manutenção apropriada de forma a garantir fiabilidade, segurança e operação eficiente.

Na instalação dos reservatórios são essenciais fundações e apoios apropriados uma vez que a água tem um peso considerável. Por exemplo, um reservatório com 2 m<sup>3</sup> de água pesa 2 toneladas.

### **4.4.3 Materiais**

No mercado estão disponíveis reservatórios de muitos materiais e dimensões, para qualquer projecto e para qualquer orçamento. Em seguida faz-se uma descrição dos principais materiais encontrados na bibliografia.

#### **4.4.3.1 Betão armado**

Os reservatórios de betão armado podem ser construídos acima ou abaixo do solo, e caracterizam-se por serem robustos e de longa duração. São habitualmente construídos *in situ* e por esta razão podem ser projectados para satisfazer as exigências particulares de cada local específico. No entanto, reservatórios de betão também podem ser constituídos por componentes pré-fabricadas, tais como fossas sépticas e blocos de betão.

O betão é um material estável e duradouro, mas é susceptível de fissurar, podendo ocorrer vazamentos. Estes devem ser controlados periodicamente, principalmente nos reservatórios enterrados e especialmente em terrenos argilosos, uma vez que a expansão e a contracção do terreno podem originar uma tensão extra no reservatório. Este material tem a vantagem de possuir a capacidade de tornar a água da chuva menos ácida, através da dissolução do carbonato de cálcio (base) das paredes e da laje de fundo do reservatório [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997]. No caso de reservatórios novos, esta situação pode conduzir ao aumento excessivo do pH e comunicar gosto à água. Estes reservatórios devem ser enxaguados antes da sua utilização.

#### **4.4.3.2 Ferrocimento**

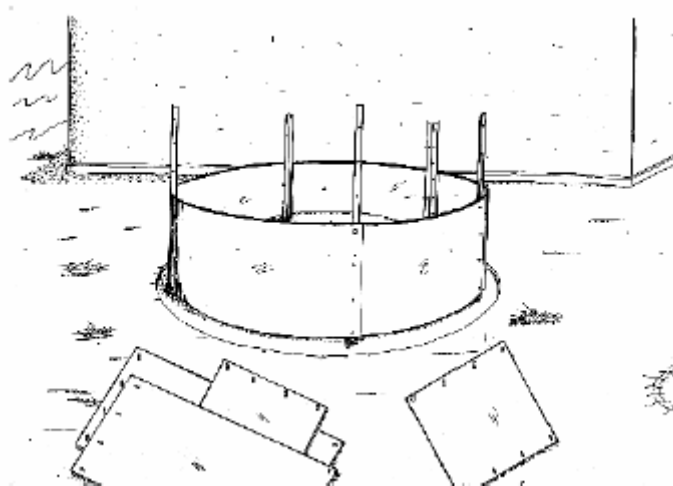
A designação ferrocimento é utilizada para descrever um material compósito de baixo custo, constituído por aço e argamassa de cimento. Embora seja um material de construção predominantemente utilizado *in situ*, existem comercialmente disponíveis reservatórios pré-fabricados deste tipo.

Em países em desenvolvimento, e em aplicações baratas tem sido o material com utilização mais frequente desde há 100 anos. Nos Estados Unidos, no Estado do Texas, este material tem vindo a ganhar popularidade [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997]. Também no Semi-Árido Brasileiro este sistema tem-se mostrado eficaz na recolha da água da chuva [Simone May, 2004].



Embora este material seja uma forma de betão reforçado, as suas características especiais de desempenho, de resistência e de flexibilidade, geralmente conduzem à sua classificação como um material independente do betão [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

Ao contrário do betão armado, o ferrocimento é constituído por múltiplos níveis de malha de aço (frequentemente arame de galinheiro), impregnados na argamassa de cimento, modelado à volta por um molde provisório de chapas finas de aço. Este material presta-se a projectos com baixo custo, uma vez que permite tirar partido de mão-de-obra não qualificada e de materiais abundantes e de baixo custo, tais como aço, arame de galinheiro, cimento e areia.



**Figura 4.8- Montagem do molde em chapas finas de aço**

Fonte: Harald Schistek (2001)

Reservatórios deste material provavelmente requerem maior manutenção do que reservatórios construídos noutros materiais. Com uma mistura simples de cimento e água as fendas e vazamentos pequenos podem ser facilmente consertados. Esta mistura pode também ser aplicada nos locais onde apareçam manchas húmidas. Algumas fontes bibliográficas recomendam pintar de branco os reservatórios localizados à superfície, com o objectivo de reflectir os raios solares, reduzir a evaporação e manter a água fria.

É importante ter a certeza que a mistura de argamassa utilizada não contém nenhum composto tóxico que possa tornar a água imprópria para consumo.

### **Exemplo de Aplicação no Semi-Árido Brasileiro**

A tecnologia utilizada no Semi-Árido Brasileiro apresenta algumas diferenças e vantagens, relativamente à tecnologia de ferrocimento tradicional, entre elas, o uso reduzido de ferro (somente malha de arame de galinheiro e arame liso) e muita economia de tempo. Segundo Harald Schistek [2001] o nome correcto deste tipo de reservatórios é “Cisterna de Argamassa de Cimento, Reforçada com Arame Tela”. Esta utiliza uma forma provisória de chapas finas

de aço, na parte interna da cisterna, para no início dar estabilidade ao conjunto de tela e arame e permitir uma rápida aplicação da argamassa.

A parede do reservatório é composta por quatro camadas sucessivas de argamassa de cimento, ligadas intimamente entre si, com pouco mais de um centímetro de espessura cada. No centro das quatro camadas encontra-se uma única camada de malha de arame de galinheiro e arame galvanizado disposto horizontalmente com espaçamento entre cinco e dez centímetros conforme se apresenta na Figuras 4.9 a) e b) [Harald Schistek 2001].

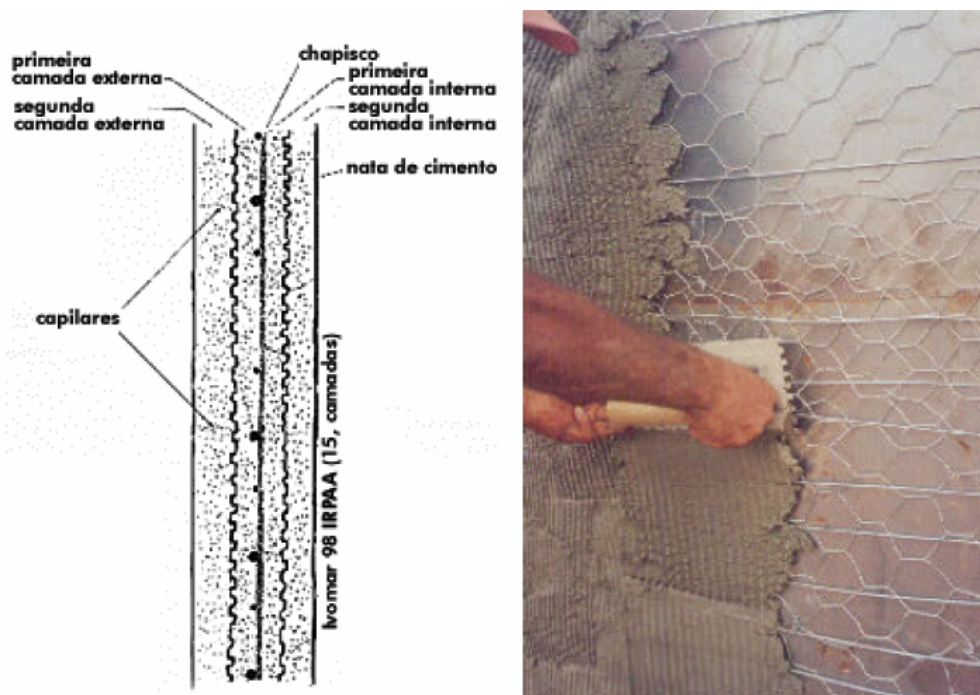


Figura 4.9- a) Corte vertical da parede do reservatório; b) Aplicação da primeira camada

Fonte: Harald Schistek (2001)

Esta tecnologia destaca-se pela quase completa imunidade a vazamentos. Uma eventual fuga, por exemplo, causada pela inclusão na massa de um pedaço de madeira ou sementes, é facilmente consertada, recortando a parede e preenchendo o orifício com massa de cimento, com o mesmo traço utilizado na construção. Um eventual poro capilar, deixado numa das camadas, dificilmente encontrará continuação nas outras três camadas [Harald Schistek 2001].

A base do reservatório é composta por seixo (pedras entre 2 e 5 cm de diâmetro), areia grossa sem argila e betão denso, dispostos em três camadas: duas de 5 cm cada, primeiro de seixo, depois de areia e a terceira, de betão denso de 7,5 cm, conforme se visualiza na Figura 4.10. Deve garantir-se uma perfeita união entre a parede e a base do reservatório [Harald Schistek 2001].

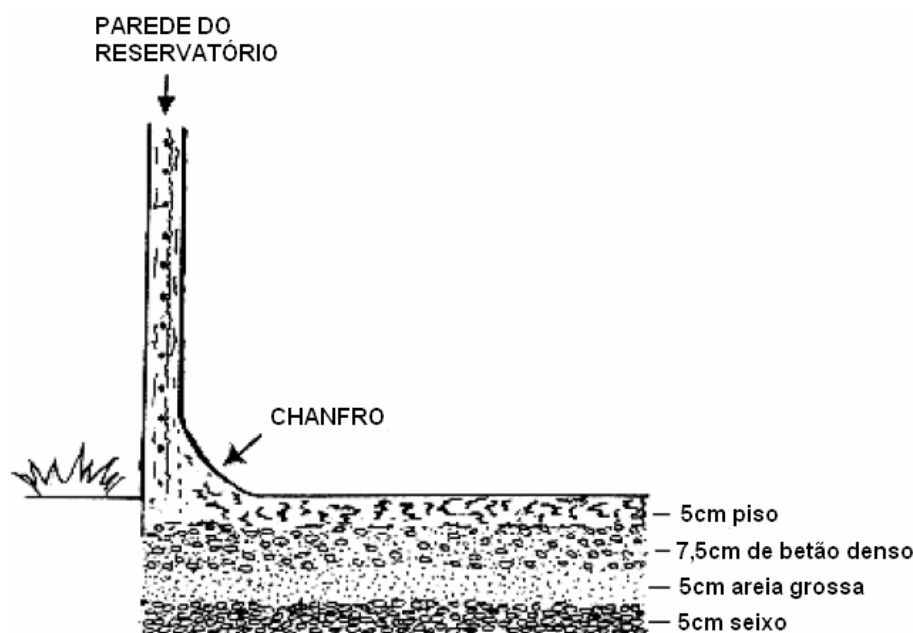


Figura 4.10- Pormenor da base do reservatório e da ligação entre a base e a parede

Fonte: Harald Schistek (2001)

#### 4.4.3.3 Pedra

Os reservatórios com parede de pedra têm a vantagem de manter a água que está no seu interior fria.

Esta solução histórica foi adoptada nos locais onde existia pedra abundante disponível. Algumas instalações recentes, tais como as existentes no Centro de Pesquisa Nacional de Flores Selvagens (National Wildflower Research Center) em Austin, nos Estados Unidos, mantiveram a tradição da construção dos reservatórios em pedra [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

Esta solução tem ainda a vantagem de os reservatórios poderem ser projectados para combinar com construções adjacentes.

Os procedimentos de construção deste tipo de reservatórios devem ser melhorados de forma a excluir componentes possivelmente tóxicas, tais como alguns tipos de material impermeabilizante, em especial se o sistema de aproveitamento da água da chuva for projectado para água potável.

#### 4.4.3.4 Plásticos

##### ➤ Fibra de Vidro

A fibra de vidro é um dos materiais mais utilizados em instalações contemporâneas de reservatórios. Estes reservatórios são leves, o seu custo é razoável e têm elevada durabilidade. À semelhança dos reservatórios em polietileno e em aço galvanizado, os reservatórios em

fibra de vidro existem comercialmente disponíveis numa vasta gama de dimensões, são fáceis de transportar e podem ser adequados para armazenamento de água destinada a fins potáveis.

#### ➤ **Polietileno**

Os reservatórios de polietileno existem comercialmente disponíveis numa vasta gama de dimensões, formas e cores. Podem ser construídos quer acima, quer abaixo do solo. Têm ganho popularidade graças ao seu baixo custo e à sua durabilidade, ligeiramente maiores do que os de fibra de vidro.

O seu baixo peso possibilita que sejam fáceis de transportar e, caso seja necessário, de mudar de local. A sua superfície interior lisa facilita as operações de limpeza. As reparações também são relativamente fáceis de fazer, utilizando o calor para amolecer o plástico e moldar conforme necessário.

Com o objectivo de garantir a sua longa duração, os reservatórios de polietileno utilizados no exterior devem ser escolhidos contendo inibidores de radiações UV. Podem também ser instalados interiormente, ou pintados com uma pintura de protecção de forma a minimizar os efeitos das radiações UV.

Os reservatórios brancos têm melhor resistência às radiações UV, apresentam uma durabilidade média de cerca de 25 anos, apesar de absorverem calor, o qual pode prejudicar a qualidade da água.

#### ➤ **Revestimento em plástico**

Utilizam-se revestimentos em plástico para revestir reservatórios em betão, ou reservatórios de outros materiais que tenham permitido vazamentos.

Estes revestimentos também podem ser utilizados para reservatórios de recolha de água temporários, ou de baixo custo, construídos com materiais permeáveis como, por exemplo, de contraplacado. Caso se utilize um reservatório de madeira deve ser protegido dos elementos principais (água, ar, terra) pois se estiver exposto tenderá a deteriorar-se rapidamente.

Existem comercialmente disponíveis revestimentos de plástico específicos para utilização em água potável.

### **4.4.3.5 Metal**

#### ➤ **Aço Galvanizado**

O material mais comum utilizado no fabrico de reservatórios de água da chuva na Austrália é aço galvanizado [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

Nos Estados Unidos, no Estado do Texas, os reservatórios em aço galvanizado foram desde cedo a opção predominante nos locais onde não havia pedra por perto, e continuam a ser uma opção frequente hoje em dia [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

Estes reservatórios distinguem-se pela sua robustez, pelo seu peso relativamente baixo e pela facilidade de transporte. O seu preço é razoável.

A corrosão do aço galvanizado pode ser um problema, quando exposto a condições ácidas. Este material não é por si só resistente à corrosão, mas existem reservatórios de aço galvanizado disponíveis no mercado com revestimentos interiores que os protegem contra este problema.

A corrosão inicial do aço galvanizado conduz à formação de uma película fina aderente que cobre a superfície do reservatório e o dota de uma protecção contra futura corrosão. É importante aquando da limpeza não destruir esta película.

Nas situações em que o pH da água é elevado, ou é baixo, os reservatórios novos deste tipo podem lixiviar concentrações excessivas de zinco, o qual pode afectar o paladar da água da chuva armazenada. Estes reservatórios devem ser enxaguados antes de qualquer utilização.

Tubagens ou acessórios em cobre não devem estar directamente ligadas a reservatórios de aço galvanizado, pois causam problemas de corrosão. No caso da água se destinar a fins potáveis deve intercalar-se um comprimento mínimo de dois metros de tubo de plástico entre o reservatório e os acessórios de cobre.

#### **4.4.4 Requisitos de instalação**

Antes de comprar ou instalar um reservatório para armazenamento de água da chuva é importante verificar se existem regulamentos associados ao projecto ou à construção destes. A instituição de saúde local ou as autoridades regionais com jurisdição sobre aqueles regulamentos devem ser consultados. Em algumas áreas pode haver exigências associadas ao fornecimento de água para combate a incêndio [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

Em países onde o aproveitamento da água da chuva é prática comum, de um modo geral, as autoridades da água não permitem a ligação directa entre sistemas de água da chuva e a água da rede pública ou, alternativamente, exigem que se utilizem dispositivos de protecção para impedir o contacto entre os dois ambientes.

Os reservatórios de água da chuva devem ser instalados de modo a minimizar o risco de contaminação por produtos industriais, pó, folhas, pólen, pesticidas, fertilizantes, detritos, pássaros ou por pequenos outros animais e insectos. Não é permitido que os reservatórios possuam locais onde haja possibilidade para se criarem mosquitos [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

Os reservatórios enterrados requerem uma protecção adicional contra a entrada da água que escorre superficialmente ou no interior do solo, contra a matéria fecal de origem humana ou animal, e contra os solos que os circundam. Estes reservatórios devem ser correctamente selados e os seus pontos de acesso protegidos. A manutenção e a limpeza dos reservatórios subterrâneos podem ser mais difíceis.

#### **4.4.4.1 Coberturas e tampas**

As coberturas dos reservatórios devem ser impenetráveis e todos os pontos de acesso, com exceção das tubagens de entrada de água e de descarga de superfície, devem ser munidos de tampas com dispositivos de fecho. Estes últimos devem ser mantidos fechados, com exceção das situações em que estejam em manutenção.

A tubagem de entrada no reservatório deve incorporar uma malha de filtragem, para prevenir o acesso de mosquitos (e de outros insectos), e a entrada, por exemplo, de folhas recolhidas no telhado ou nas caleiras e conduzidas para o reservatório.

A descarga de superfície também deve incorporar uma malha que impeça o acesso de insectos.

Os reservatórios devem ser à prova de luz para minimizar o crescimento de algas. A maioria das algas não tornam a água insegura para consumo humano mas podem afectar o seu gosto, odor e aparência [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

#### **4.4.4.2 “By-pass” ao reservatório ou água em excesso**

A água da chuva que não é recolhida no reservatório resultante do seu “by-pass”, bem como a água em excesso, devem ser desviadas para longe das fundações do reservatório, dos edifícios, ou de outras estruturas.

Estas águas devem ser conduzidas para jardins ou para o sistema de drenagem pluvial; não é permitido concentrar ou causar incómodo em propriedades próximas ou em áreas públicas.

#### **4.4.5 Manutenção e limpeza**

Os reservatórios devem ser examinados, no que diz respeito à acumulação de lamas, com uma frequência de 2-3 anos, ou sempre que os sedimentos sejam visíveis na água.

A presença de lama no reservatório pode proporcionar um ambiente propício à sobrevivência e desenvolvimento de microorganismos. Além disso, em alguns casos, embora a qualidade da água da chuva armazenada obedeça às normas de água potável, têm sido detectadas concentrações de chumbo relativamente elevadas na lama [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

As tubagens de saída de água normalmente localizam-se perto do fundo dos reservatórios, e à medida que a lama se acumula a probabilidade do material ficar em suspensão e ser removido pela água da chuva aumenta. Têm sido detectadas concentrações de chumbo que excedem as concentrações permitidas pelas Normas Australianas de Água Potável em água que sai pela tubagem de saída contendo poucas partículas visíveis de lama em suspensão [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

A lama pode ser removida por sifonagem sem esvaziar o reservatório. Para esta operação, utiliza-se um funil invertido colocado no extremo de uma mangueira que é movida cuidadosamente pelo fundo do reservatório. A lama juntamente com a mais funda porção de

água do reservatório podem ser lançadas no lixo [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

A lama pode também ser bombada do reservatório com perda mínima de água, utilizando uma bomba adequada.

Finalmente, a lama pode ainda ser removida vazando e limpando o reservatório. Se existir um dreno na base deste, a água pode ser descarregada para o sistema de drenagem juntamente com a lama; uma vez vazio, a lama remanescente pode ser removida através do acesso.

No caso de o reservatório ser de aço, ao fazer a sua manutenção, deve tomar-se cuidado para não perturbar a película fina aderente protectora da sua superfície interior. A remoção da membrana protectora das paredes interiores favorece a corrosão.

A matéria orgânica removida dos reservatórios pode ser depositada nos jardins, ou alternativamente colocada num depósito autorizado.

Nas situações em que a limpeza obrigue a acesso ao interior do reservatório, deve assegurar-se a sua ventilação adequada e, além disso, é necessário prever uma pessoa suplementar para possível assistência.

É importante supervisionar o estado estrutural do reservatório antes de escolher um método de limpeza. Os métodos de limpeza mais severos podem acelerar a deterioração.

No caso da água potável não devem ser utilizados agentes de limpeza, visto que podem lançar vapores perigosos que podem afectar a qualidade da água. Após a limpeza é recomendável que o reservatório seja enxaguado com água limpa, a qual deve ser rejeitada.

#### **4.4.6 Custo dos reservatórios**

Como foi referido anteriormente, no mercado existem reservatórios de muitos materiais e dimensões que poderão ser utilizados para aproveitamento da água da chuva. Com base em consultas, realizadas entre Outubro e Dezembro de 2004, a empresas que comercializam reservatórios verificou-se que os materiais mais frequentes em unidades de pequenas dimensões são: o Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), o Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e o Aço Inox. O Betão Pré-fabricado é utilizado em reservatórios de grandes dimensões (capacidades superiores a 100 m<sup>3</sup>). No caso de reservatórios construídos *in situ* utiliza-se frequentemente o Betão Armado.

Nas Figuras 4.11 a 4.13 apresentam-se graficamente, com escala logarítmica em ambos os eixos, os resultados obtidos com as referidas consultas. Cada um dos gráficos mostra o custo dos reservatórios (em Euros<sup>1</sup>) em função da capacidade (em m<sup>3</sup>) para cada um dos materiais. Cada uma das séries apresentadas corresponde a um diferente fornecedor de equipamento contactado.

---

<sup>1</sup> Todos os preços apresentados dizem respeito ao ano de 2004.

### Custo de Reservatórios em PRFV em função da Capacidade

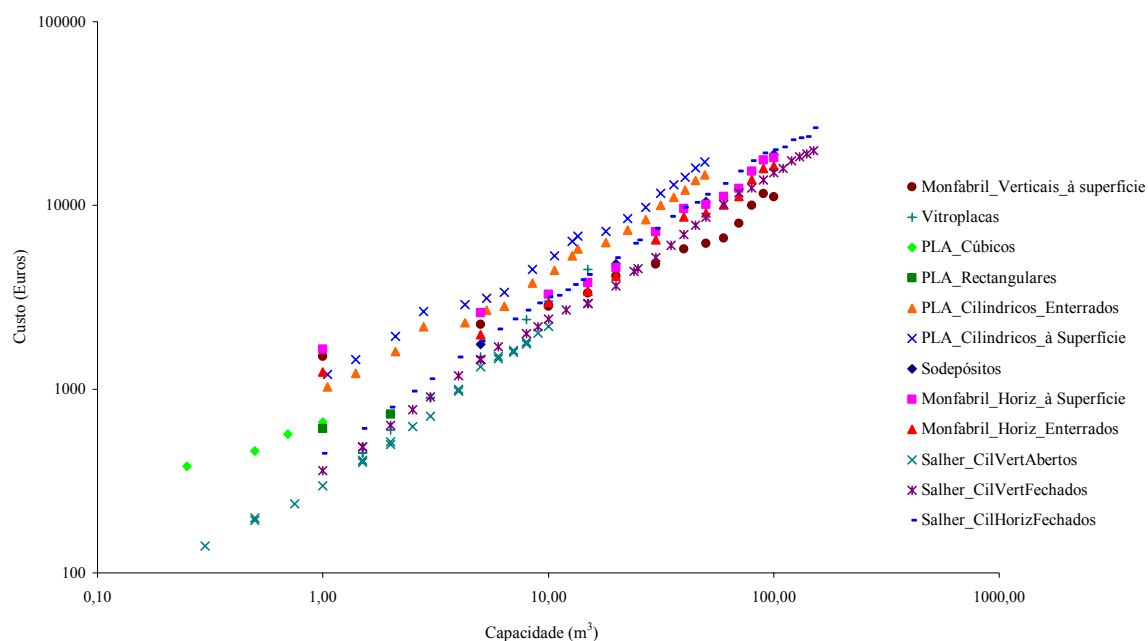


Figura 4.11- Custo de Reservatórios de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) em função da capacidade

### Custo de Reservatórios de PEAD em função da Capacidade

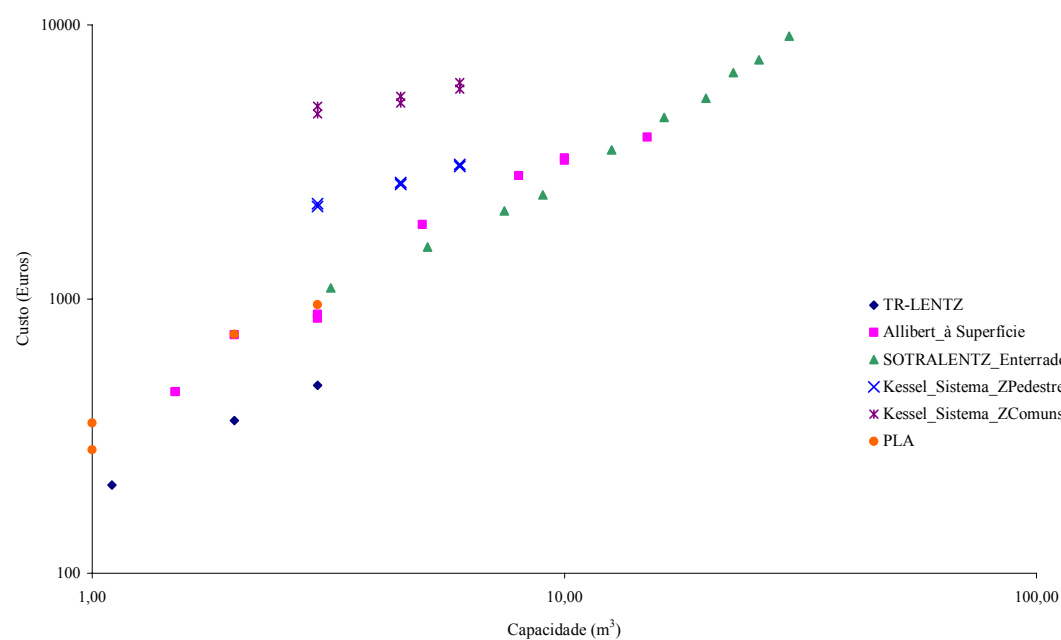
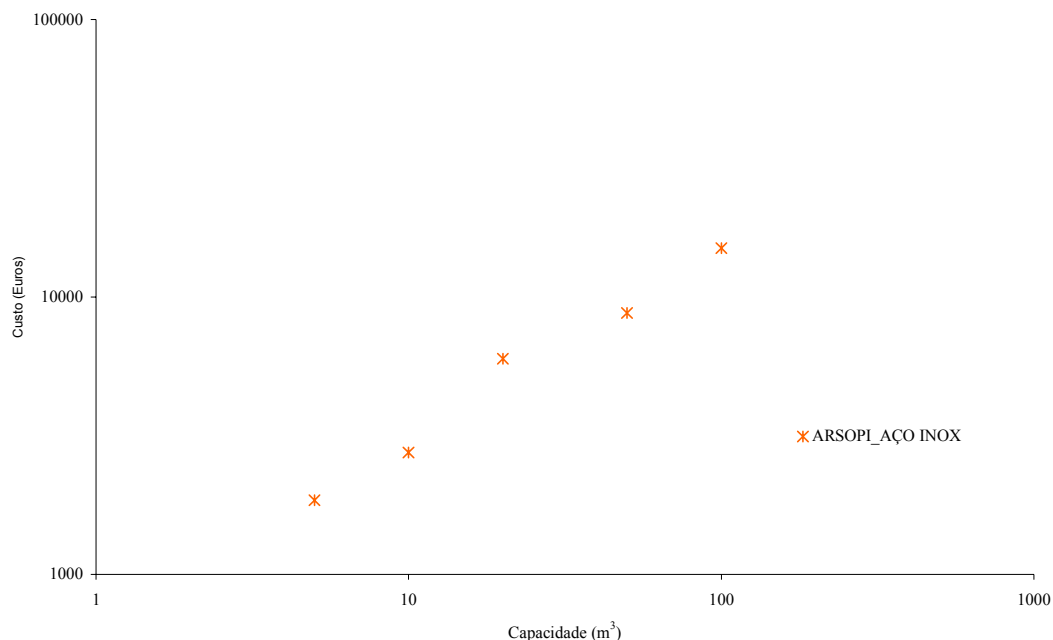


Figura 4.12: Custo de Reservatórios de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) em função da capacidade



### Custo de Reservatórios em AÇO INOX em função da Capacidade



**Figura 4.13- Custo de Reservatórios de Aço Inox em função da capacidade**

Verifica-se que o preço dos reservatórios em função da capacidade tem um comportamento que se assemelha a uma lei linear crescente. Verifica-se também que dos fornecedores contactados a maior parte comercializa reservatórios em Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV). Estes são leves, o seu custo é razoável e têm elevada durabilidade.

No gráfico da Figura 4.12, relativo a reservatórios em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), verifica-se que os equipamentos da marca comercial *Kessel* distinguem-se dos restantes em termos de preço. Neste caso, contudo, o preço não corresponde apenas ao custo dos reservatórios mas sim do sistema completo. Este inclui uma unidade de bombagem, um filtro de água da chuva, um reservatório de armazenamento e uma válvula de flutuador.

A *Kessel* é uma empresa alemã que fornece sistemas completos, prontos a instalar, destinados ao aproveitamento de água da chuva. Comercializa dois tipos de sistemas, um mais barato, para água destinada a zonas ajardinadas e outro mais caro para água destinada ao abastecimento dos autoclismos, máquina lava roupa, rega e lavagem de pavimentos. Na Figura 4.14 apresentam-se alguns equipamentos fornecidos por este fabricante. No Anexo A.1 apresenta-se detalhadamente a gama de produtos do mesmo.



**Figura 4.14- Equipamentos da Kessel**

**Legenda:** a) Unidade de Bombagem; b) Reservatório de Armazenagem; c) Filtros de Água da Chuva; d) Poço de infiltração da água em excesso.

Fonte: Kessel-Rainwater Management Systems (2003)

No caso dos reservatórios de betão armado construídos *in situ* apresenta-se uma estimativa do seu custo a partir das quantidades de trabalho, segundo Neves [2004].

Esta estimativa foi realizada em Novembro de 2004 e aplica-se a reservatórios com capacidades entre 4 e 16 m<sup>3</sup>. Os reservatórios considerados são de planta quadrada, tendo-se admitido as dimensões indicadas no Quadro 4.1. Relativamente às escavações, o respectivo volume foi obtido considerando um acréscimo de 0.5 m relativamente às medidas exteriores, para se poder rebocar as paredes. Para volumes até 4 m<sup>3</sup> considerou-se escavação manual, porque possivelmente não se justifica a contratação de uma máquina para tão pequenas quantidades. Para volumes entre 4 m<sup>3</sup> e 16 m<sup>3</sup> considerou-se escavação mecânica, com pagamento de, pelo menos, meio dia.

Restantes trabalhos:

- Soleira em betão ligeiramente armado, com custo unitário de 100 euros/m<sup>3</sup>;
- Paredes em betão armado, com um custo de 250 euros/ m<sup>3</sup>, incluindo cofragens;
- Cobertura em laje aligeirada, 30 euros/m<sup>2</sup>;
- Tampa de acesso em ferro fundido, 60 euros/un.

Com as quantidades de trabalho estimadas e os respectivos custos parcelares indicados no Quadro 4.1 que se segue, obtêm-se os custos para reservatórios com 1, 2, 4, 8 e 16 m<sup>3</sup>.

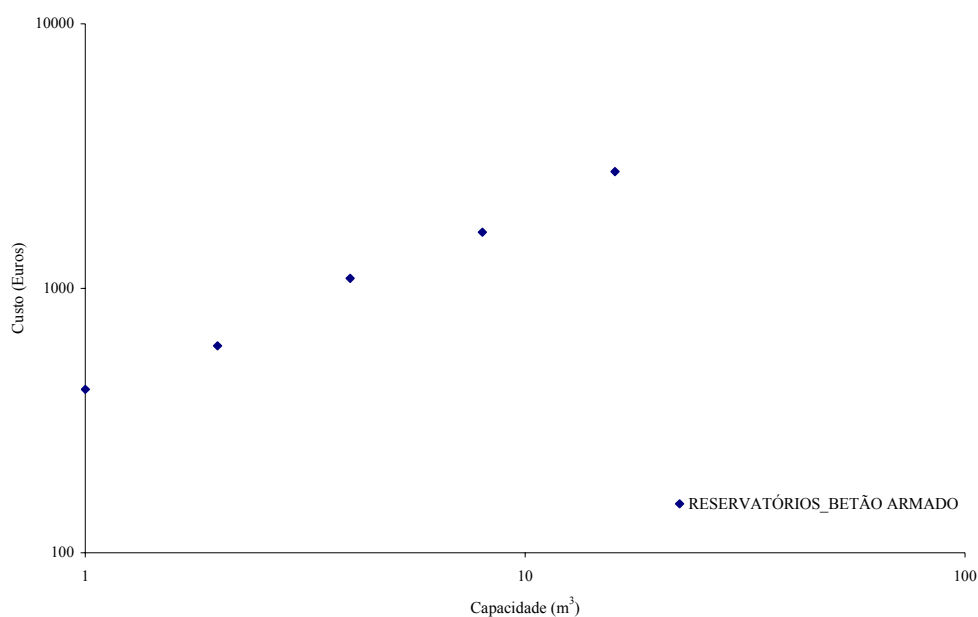
**Quadro 4.1- Quantidades de trabalho e preços para pequenos reservatórios de betão armado**

Fonte: Mário Valente Neves (2004)

	Volume de água (m <sup>3</sup> )				
	1	2	4	8	16
<b>Medidas interiores (m) (a)</b>	<b>1,00x1,00x1,00</b>	<b>1,40x1,40x1,02</b>	<b>1,70x1,70x1,38</b>	<b>2,30x2,30x1,51</b>	<b>3,00x3,00x1,78</b>
Espessura das paredes (m)	0,08	0,11	0,14	0,16	0,2
Escavação (m <sup>3</sup> )	3,7	6,5	10,3	17,6	31,2
Custo (2,5 Euros/m <sup>3</sup> )	35 €	70 €	90 €	90 €	90 €
Soleira (m <sup>3</sup> )	0,2	0,4	0,78	1,51	2,89
Custo (100 Euros/m <sup>3</sup> )	20 €	40 €	78 €	151 €	289 €
Paredes (m <sup>3</sup> )	0,41	0,80	1,65	2,67	5,07
Custo (250 Euros/m <sup>3</sup> )	104 €	200 €	412 €	669 €	1.267 €
Reboco (m <sup>2</sup> )	15,10	18,40	38,50	53,10	82,80
Custo (9 Euros/m <sup>2</sup> )	136 €	166 €	347 €	478 €	745 €
Cobertura (m <sup>2</sup> )	1,35	2,31	3,38	6,05	10,24
Custo (30 Euros/m <sup>2</sup> )	60 €	69 €	102 €	182 €	307 €
Tampa (unidade)	60 €	60 €	60 €	60 €	60 €
Custo (60 Euros/un)	60 €	60 €	60 €	60 €	60 €
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>415 €</b>	<b>605 €</b>	<b>1.089 €</b>	<b>1.630 €</b>	<b>2.758 €</b>

(a) A altura representa a altura de água

Os valores globais encontrados apresentam-se graficamente, na Figura 4.15, com escala logarítmica em ambos os eixos.

**Preço de Reservatórios em BETÃO ARMADO em função da Capacidade****Figura 4.15- Custo de Reservatórios de Betão Armado em função da capacidade**

Com base nos gráficos anteriores e para volumes entre 1 e 16 m<sup>3</sup> procurou-se uma expressão matemática simples, para cada um dos materiais, que pudesse representar satisfatoriamente a lei de variação do custo em função do volume. No caso do Polietileno de Alta Densidade (PEAD) os preços relativos aos sistemas da *Kessel* não foram tidos em conta na definição da expressão matemática por não serem comparáveis, pois como foi referido anteriormente não dizem respeito apenas ao custo do reservatório de armazenamento mas do sistema completo. Em seguida apresentam-se os gráficos por material com as equações das regressões que lhes correspondem.

### Custo de Reservatórios de PEAD em função da Capacidade

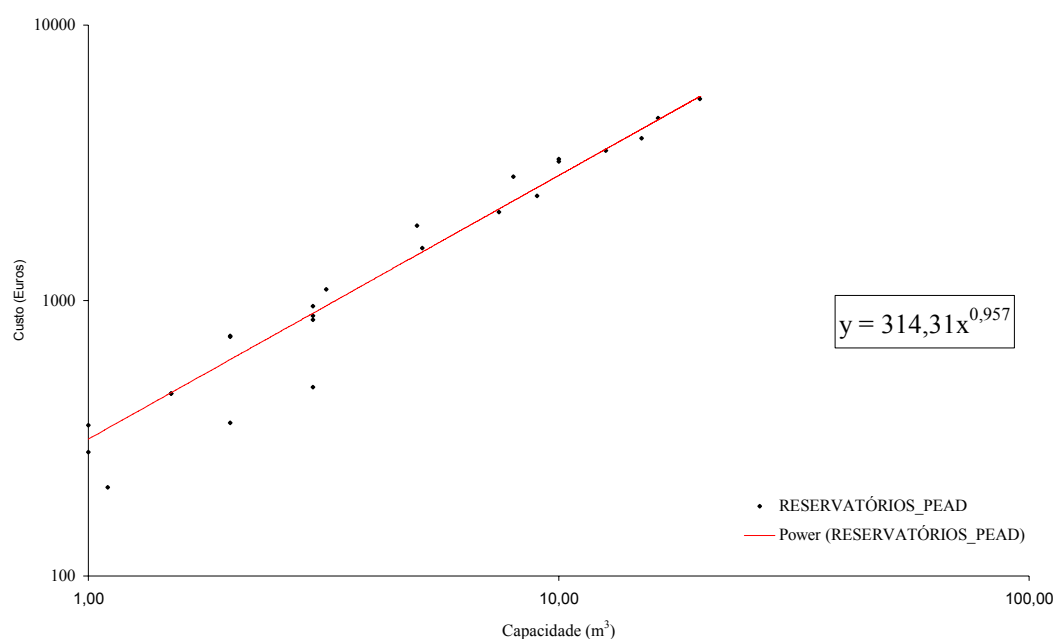


Figura 4.16: Expressão matemática que traduz o Custo de Reservatórios pequenos de PEAD em função da capacidade

## Custo de Reservatórios de PRFV em função da Capacidade

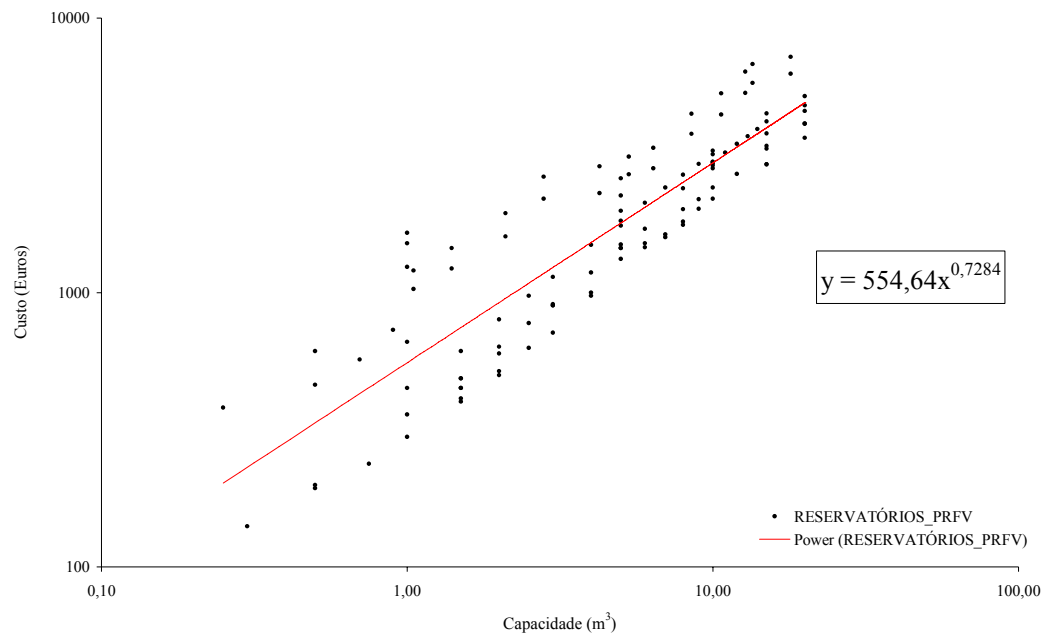


Figura 4.17- Expressão matemática que traduz o Custo de Reservatórios pequenos de PRFV em função da capacidade

## Custo de Reservatórios em AÇO INOX em função da Capacidade

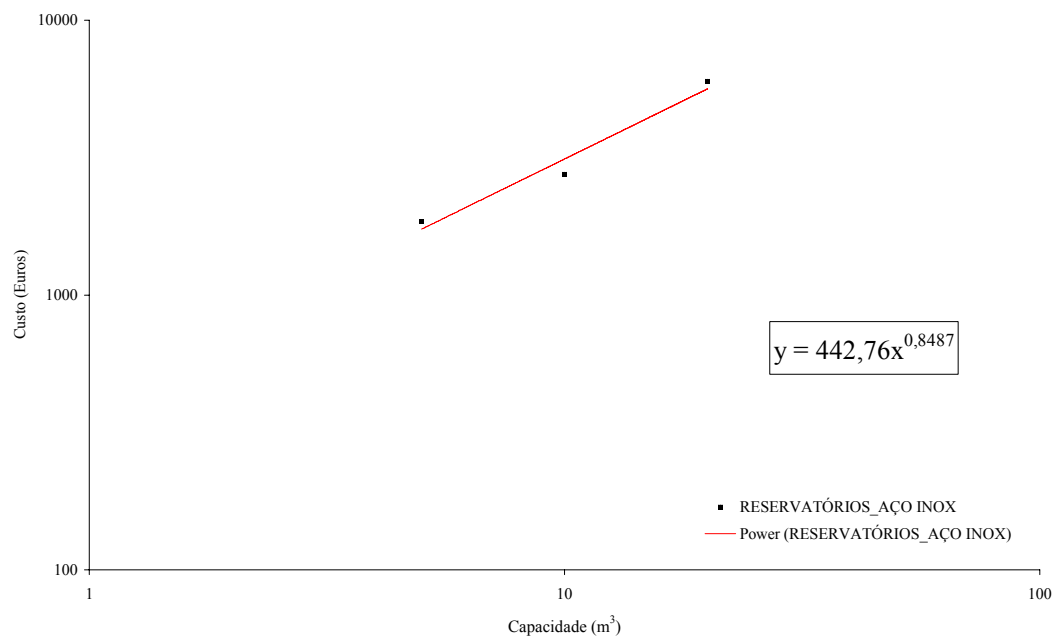
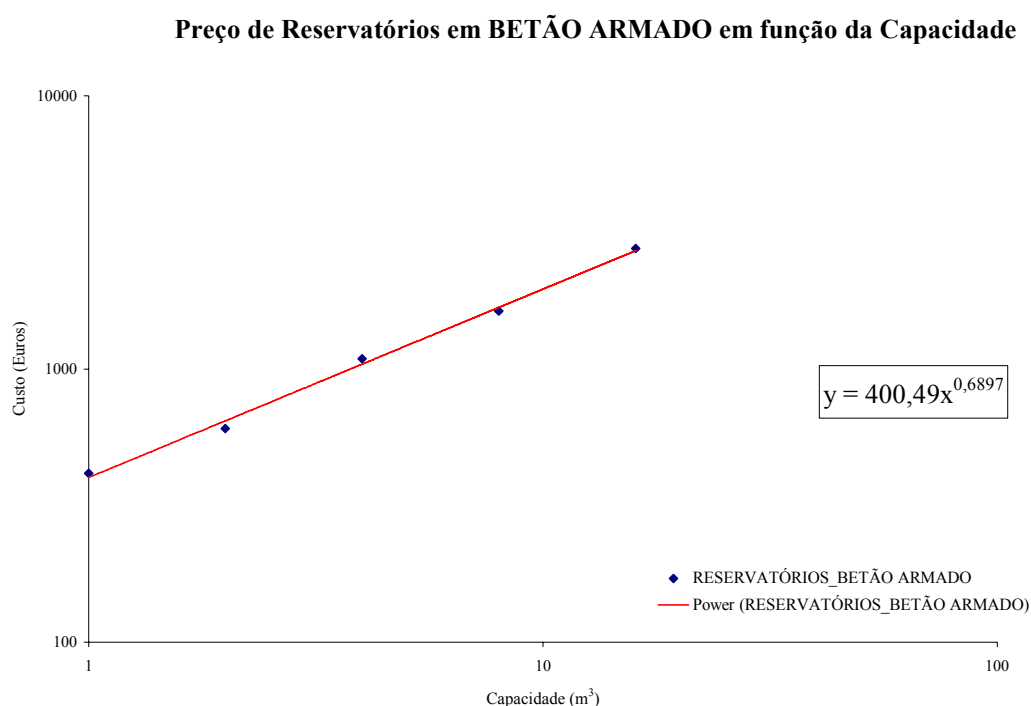


Figura 4.18- Expressão matemática que traduz o Custo de Reservatórios pequenos em Aço Inox em função da capacidade



**Figura 4.19- Expressão matemática que traduz o Custo de Reservatórios em Betão Armado em função da capacidade**

Em resumo, as expressões a adotar para cada um dos materiais são:

a) para o Polietileno de Alta Densidade (PEAD):  $\text{Custo} = 314 \times V$ ; (1)

b) para o Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRVF):  $\text{Custo} = 555 \times V^{\frac{3}{4}}$ ; (2)

c) para o Aço Inox:  $443 \times V^{0.85}$ ; (3)

d) para o Betão Armado:  $428 \times V^{\frac{2}{3}}$  [Neves, 2004]. (4)

Note-se que no caso do PEAD, PRVF e Aço Inox arredondaram-se os valores dos parâmetros **a** e **b** obtidos com o ajuste do tipo potência ( $\text{Custo} = a \times V^b$ ), no caso do Betão Armado adoptaram-se para parâmetros **a** e **b** os valores considerados por Neves [2004].

No gráfico da Figura 4.20 que se segue apresentam-se em simultâneo as quatro regressões relativas a cada um dos materiais.

## Resultados das regressões obtidas para os quatro materiais

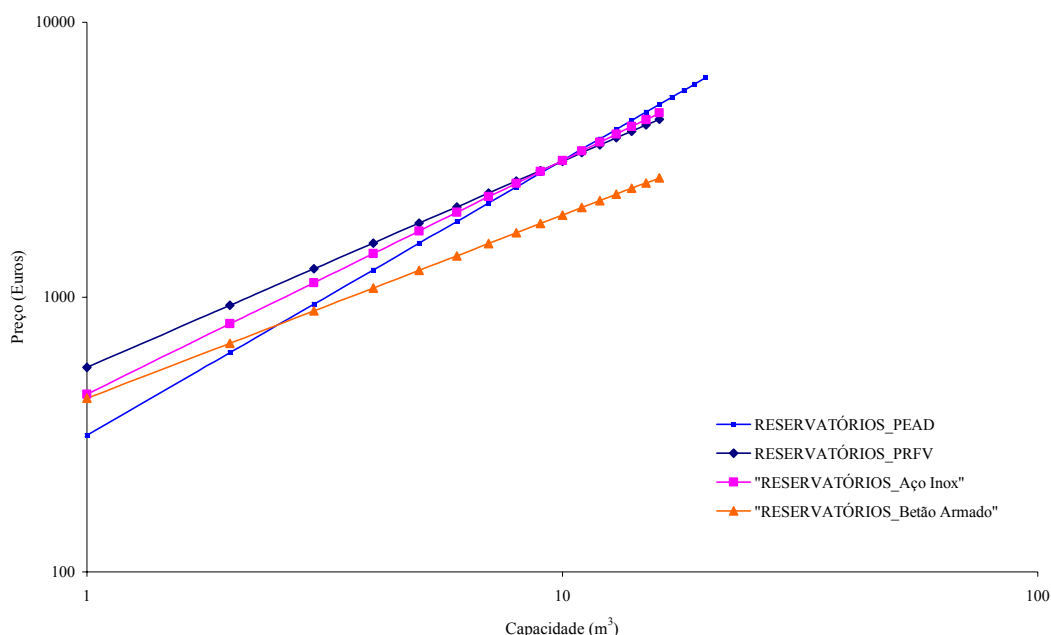


Figura 4.20- Custo de Reservatórios pequenos em função da capacidade

Verifica-se que para pequenas capacidades, até 2.5 m<sup>3</sup>, os reservatórios de PEAD são competitivos relativamente aos de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro, aos de Aço Inox e aos de Betão Armado. A partir de 2.5 m<sup>3</sup> até aos 16 m<sup>3</sup> os reservatórios mais competitivos são os de betão armado, construídos *in situ*.

Nenhuma das expressões apresentadas inclui quaisquer equipamentos e todas se referem ao ano de 2004. Para ajustamentos futuros poderá ser utilizada a fórmula dos juros compostos,

$$C = C_0(1 + t)^n$$

onde  $C_0$  é dado pelas expressões apresentadas anteriormente,  $n$  é o número de anos após Novembro de 2004 e  $t$  a taxa de actualização (em geral não muito afastada da inflação).

## 4.5 TRATAMENTO

O sistema de tratamento a utilizar num sistema de aproveitamento de água da chuva depende da qualidade da água recolhida e das exigências de qualidade da água em função das utilizações a que se destina.

Antes de tomar uma decisão acerca de qual o método de tratamento a utilizar, devem efectuar-se análises da água num laboratório aprovado e determinar se a água poderá ou não ser utilizada para fins potáveis.

A cadeia de tratamento para se ter água potável pode ser algo complexa, incluindo as etapas de manutenção do sistema de caleiras do telhado, de separação da primeira chuvada (first-flush), de filtração para remoção de detritos, de floculação, de sedimentação e remoção biológica de contaminantes no reservatório, e de desinfecção por cloração ou por aquecimento, através do serviço de água quente. Podem também utilizar-se tratamentos mais complexos como, por exemplo, desinfecção por radiação ultravioleta (U.V.) no caso desta água se destinar a consumo humano. No Quadro 4.2 apresenta-se um resumo das principais técnicas de tratamento utilizadas na água da chuva.

**Quadro 4.2- Técnicas de tratamento de água da chuva**

Fonte: Texas Guide to Rainwater Harvesting (1997)

<b>TÉCNICAS DE TRATAMENTO</b>		
<b>Método</b>	<b>Localização</b>	<b>Resultado</b>
<b>PRÉ-FILTRAÇÃO</b>		
Filtros e Filtros de folhas	Caleiras e condutas	Previne a entrada de folhas e outros detritos dentro do reservatório
<b>SEDIMENTAÇÃO</b>		
Sedimentação	Dentro do reservatório	Sedimentação de partículas em suspensão
<b>FILTRAÇÃO</b>		
Em linha/ Multi-cartucho	Após a bomba	Criva os sedimentos
Carvão activado	Na torneira	Remove o Cloro
Osmose inversa	Na torneira	Remove contaminantes
Meios combinados	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão
Areia	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão
<b>DESINFECÇÃO</b>		
Fervura/ Destilação	Antes da utilização	Elimina os microorganismos
Tratamentos químicos (Cloro ou Iodo)	Dentro do reservatório ou na bomba (líquido, em pastilha ou granulado)	Elimina os microorganismos
Radiação U.V.	Depois do filtro de carvão activado e antes da torneira	Elimina os microorganismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina os microorganismos

A correcta manutenção dos diversos órgãos do sistema influencia bastante a qualidade da água obtida. Assim, o programa de gestão da recolha da água da chuva do telhado envolve a inspecção regular e limpeza do sistema de caleiras e a utilização dos dispositivos de primeira lavagem atenuando significativamente a quantidade de material suspenso e dissolvido que entra no reservatório como parte do escoamento do telhado. Não obstante, na maioria dos casos, o escoamento do telhado vai contribuir para a existência de bactérias e de níveis moderados de substâncias químicas inorgânicas na água da chuva armazenada no reservatório.



As etapas de pré-filtração e de sedimentação ocorrem entre a superfície de recolha da água da chuva e o respectivo órgão de armazenamento, ou no interior do mesmo.

Os tipos de tratamento activos mais comuns em sistemas de aproveitamento de água da chuva são a filtração, para remover os sedimentos, e a desinfecção química ou desinfecção por radiação U.V.

#### **4.5.1 O papel do reservatório**

O reservatório desempenha no tratamento um papel importante. Segundo Duncan e Wight [1991] actua como um clarificador de água da chuva, permitindo que os contaminantes se depositem no fundo. Gee [1993] constatou que os sedimentos num reservatório de água da chuva podiam conter concentrações altas de metais pesados, embora as concentrações destes à superfície estivessem dentro dos valores impostos pelas Normas Australianas de Água Potável. Similarmente, durante a experiência de Figtree Place detectou-se que embora a água escoada no telhado contivesse excesso de coliformes, os valores das concentrações de ferro e chumbo eram consideravelmente menores à superfície, detectando-se concentrações altas nos sedimentos. No ponto de tomada de água, perto do fundo do reservatório, foram encontrados valores menores destes parâmetros. Outros autores apresentam resultados semelhantes.

Como foi referido anteriormente, os reservatórios de água da chuva devem ser equipados com malhas de filtragem nas tubagens de entrada e saída. A correcta conservação destas malhas de filtragem elimina o risco de doenças provocadas pela entrada de répteis e outros animais no reservatório. Além disso, o cuidado na construção e manutenção de um reservatório de água da chuva assegura que solos, folhas e detritos não entrem no reservatório e comprometam a qualidade da água.

Além das questões anteriores, vários processos influem para melhorar a qualidade da água do reservatório, por exemplo a acumulação de microorganismos na interface ar/água (micro-camada na superfície da água), floculação e sedimentação no reservatório, e a acção de biofilmes. Segue-se uma breve descrição destes processos.

##### **4.5.1.1 Micro-camada na superfície da água**

Muitos autores, incluindo Woodcock [1948], Blanchard [1970] e Prescott *et al.* [1999, p. 852-883] relatam que determinados tipos de bactérias concentram-se na micro-camada na superfície de água. Prescott *et al.* [1999] explica que, em ambientes com baixos níveis de nutrientes (como nos reservatórios de água da chuva), os microorganismos formam flocos para aumentar a superfície que permite capturar nutrientes. Os ambientes aquáticos contêm gradientes de microorganismos na coluna de água dependentes da concentração de oxigénio e de nutrientes [Prescott *et al.*, 1999]. Evidentemente, num reservatório de água da chuva os microorganismos aeróbios concentram-se à superfície, de forma a utilizar o oxigénio da atmosfera e os nutrientes, pois entram no reservatório pela superfície da água.

A concentração de alguns microorganismos na superfície da água impede que sejam conduzidos até à habitação, uma vez que a água é extraída de um ponto perto do fundo. Este

procedimento pode eliminar a transferência para a habitação de bactérias que colonizam a superfície de água, como *Legionella Spp.*

#### 4.5.1.2 Floculação e sedimentação

Inevitavelmente são descarregados nos reservatórios materiais orgânicos provenientes da água da chuva escoada no telhado. Em ambientes aquáticos com baixa quantidade de nutrientes os microrganismos e os nutrientes tendem a acumular-se na superfície de materiais orgânicos, o que permite gerar flocos [Prescott *et al.*, 1999]; Os flocos por sua vez assentam no fundo dos reservatórios de água removendo a contaminação da água.

#### 4.5.1.3 Biofilmes

Formam-se biofilmes quando os microrganismos se ligam a fibras de polissacarídeos para maximizar a capacidade de extrair nutrientes e acumular micróbios da água que os rodeiam [Prescott *et al.*, 1999, Flemming, 1993, e Christensen e Characklis, 1990]. As bactérias frequentemente encontradas nos biofilmes são os *Coliformes* e as *Pseudomonas*. Mais de 99 % dos microrganismos da Terra vivem em biofilmes e a maioria das superfícies podem ser colonizadas por microrganismos, incluindo sedimentos e partículas suspensas [Flemming, 1993, e Prescott *et al.*, 1999].

Segundo Coombes [2002], em ambientes aquáticos com baixos níveis de nutrientes os microrganismos vão rapidamente aderir a superfícies de estruturas, de sedimentos e de materiais orgânicos para maximizar as possibilidades de beneficiar de nutrientes, microrganismos e materiais orgânicos da água. O fluxo de água da chuva proveniente do telhado e a utilização periódica a partir do reservatório assegurarão que a água armazenada seja paulatinamente recirculada, aumentando o contacto entre os biofilmes e os nutrientes, microrganismos e materiais orgânicos e maximizando as possibilidades para os biofilmes extraírem estes últimos da água. É provável que a acção dos biofilmes melhore a qualidade da água nos reservatórios de água da chuva.

#### 4.5.2 Filtração

O processo de filtração a instalar num sistema de aproveitamento de água da chuva pode ser muito simples, como por exemplo, recorrendo a filtros de cartucho semelhantes aos utilizados em piscinas. No entanto, de forma a garantir a segurança, deve ser sempre assegurada a sua operação e manutenção adequada seguindo o manual de instruções que os acompanha.

Uma vez que os detritos grandes são removidos através dos filtros geralmente associados aos sistemas de limpeza do telhado (first-flush), existem outros filtros no mercado (ver Quadro 4.2) que ajudam a melhorar a qualidade da água da chuva. A selecção dos filtros deve ser criteriosa, uma vez que muitos dos filtros existentes no mercado foram projectados para tratamento de água municipal ou de água de poços.

O filtro de cartucho mais comum em sistemas de aproveitamento da água da chuva é um filtro de sedimentos que remove partículas com dimensões iguais ou superiores a 5 µm. Os filtros

de areia ou os filtros de cartucho utilizados em série, filtram as partículas de dimensões progressivamente mais pequenas [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

Os filtros de sedimentos são frequentemente utilizados como pré-filtros para outras técnicas de tratamento tais como desinfecção por radiação U.V ou filtração por osmose inversa, para evitar colmatção com partículas grandes.

Quando se desinfecta a água da chuva utilizando um desinfectante químico, por exemplo, cloro, pode utilizar-se um filtro de carvão activado para remover o cloro antes do ponto de consumo da água. No entanto, é importante ter em mente que os filtros de carvão activado são locais favoráveis para crescimento bacteriano. Se for utilizado um sistema de desinfecção por radiação U.V. ou Ozono (O<sub>3</sub>), este deve ser localizado após o filtro de carvão activado.

Os filtros devem ser substituídos por recomendação programada e não apenas quando deixam de funcionar, pois a sua falha pode resultar em contaminação da água.

### **4.5.3 Desinfecção**

A desinfecção regular da água da chuva contida em reservatórios domésticos não se considera necessária na maior parte das situações e geralmente só é recomendada como acção correctiva. Na ausência de qualquer problema conhecido e se a água é translúcida, sem odor e não contendo nenhum material suspenso, é inverosímil de provocar perturbação nos utilizadores. Porém, a qualidade microbiológica às vezes pode não ser tão boa quanto a qualidade da fonte de água pública [Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998].

Se a água da chuva recolhida for utilizada para lavar a roupa, para regar plantas, ou para outras tarefas que não envolvem consumo ou contacto humano directo, o tratamento para além da filtração e da remoção de sedimentos é opcional. Porém, se a água for para utilização geral, tal como para beber, para banhos e para cozinhar, a etapa de desinfecção é necessária [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

#### **4.5.3.1 Desinfecção com cloro**

Os sistemas privados de desinfecção por cloragem não fazem a desinfecção com a magnitude dos sistemas públicos, onde a ameaça de organismos patogénicos tais como *E. Coli* podem afectar muitas habitações.

Enquanto que a filtração é uma etapa comum nos sistemas privados de abastecimento de água, a desinfecção é menos comum, pelas seguintes razões: em sistemas privados não é obrigatório ter uma fonte de água fiável para beber, o cloro é repugnado devido ao seu gosto e ao medo associado à formação de Trialometanos (THHs) e a presença prolongada de cloro em água com matéria orgânica pode causar a formação de componentes orgânicos clorados. Sempre que se utilizar o cloro como desinfectante, deve ter-se a certeza que todo o material orgânico do reservatório foi filtrado.

O cloro é o desinfectante mais comum devido à sua eficiência, solubilidade em água, disponibilidade e facilidade de aplicação.

Não obstante, o cloro existe disponível em forma granular ou de pastilha (hipoclorito de cálcio), mas a forma recomendada para desinfecção da água da chuva é a forma líquida (hipoclorito de sódio). Quando se utiliza hipoclorito de cálcio é aconselhável fazer a mistura num recipiente de água limpo e verter esta mistura no reservatório. Deve adicionar-se sempre o desinfectante à água em não vice-versa. Depois de verter a mistura química concentrada para o reservatório, deve mexer-se completamente a água, promovendo a mistura e deve deixar-se actuar pelo menos uma hora antes da utilização.

A mistura ocorrerá naturalmente durante um ou dois dias, ou caso se pretenda acelerar o processo pode ser utilizada uma pá de mistura, mas deve-se evitar agitar os materiais que estão depositados no fundo do reservatório.

A lixívia doméstica contém 5 a 15% de solução de hipoclorito de sódio, é barata e obtém-se facilmente e está provado que é fidedigna para desinfecção. A dose recomendada para desinfectar a água da chuva é de cerca de 5/4 chávenas de lixívia por cada 4500 litros de água da chuva recolhida. Quando se faz a desinfecção da água não se deve utilizar uma dose excessiva de lixívia. A mistura ocorre naturalmente ao longo de um dia, mas uma pá de mistura pode novamente ser utilizada para acelerar o processo [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].

Quando a lixívia é adicionada directamente no reservatório, como se descreveu acima, o cloro tem um período de tempo mais longo para eliminar as bactérias, alcançando assim uma melhor taxa de desinfecção. Também podem ser utilizadas bombas que injectam a solução de hipoclorito de sódio enquanto a água está a ser bombada.

As concentrações de cloro são facilmente medidas com um kit de piscina. É recomendada uma concentração entre 0.2 mg/l e 1.5 mg/l. Os kits de piscina possuem químicos tóxicos e não deve ser permitida a sua mistura com a água do reservatório. A medição do cloro deve ocorrer fora do reservatório de armazenamento.

#### **4.5.3.2 Desinfecção com ozono**

O ozono é o desinfectante escolhido em bastantes países europeus. É uma forma de oxigénio ( $O_3$ ) produzida passando ar por um campo eléctrico. O ozono elimina imediatamente os microorganismos e oxida a matéria orgânica em dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e água ( $H_2O$ ). Recentemente têm-se produzido unidades compactas de ozonização para utilização em habitações. O ozono é produzido por equipamento no ponto de utilização, necessitando apenas de energia eléctrica. Muitos proprietários de sistemas de aproveitamento de água da chuva utilizam este processo para evitar manusear o cloro e outros produtos químicos. Quando utilizado como desinfectante final, deve ser adicionado antes da torneira, após o filtro de carvão activado, caso este seja utilizado.

#### **4.5.3.3 Desinfecção por radiação ultravioleta (U.V.)**

É um processo físico de desinfecção que destrói a maior parte dos organismos microbiológicos que existem na água que atravessa a câmara de desinfecção. É necessário fazer a pré-filtração da água antes da passagem no sistema de desinfecção por radiações U.V.

Para determinar se a dosagem mínima de radiação está a ser distribuída ao longo da câmara de desinfecção, as unidades de tratamento por radiações U.V. devem estar equipadas com um medidor de intensidade U.V. Deve ser instalado um alarme automático audível para alertar sobre o mau funcionamento ou falha eminente do sistema; este é activado quando a água não recebe um nível adequado de radiações U.V, de forma a garantir que em caso de falha não haja qualquer risco para o consumidor final. As unidades U.V. devem ser correctamente calibradas e testadas depois da sua instalação, de forma a assegurar que a água está a ser devidamente desinfectada.

Alerta-se para o perigo da exposição do pessoal que dá apoio técnico ao sistema de desinfecção por radiação U.V. Os trabalhadores de uma área sujeita a radiação U.V podem sofrer queimaduras severas se não forem devidamente protegidos. É extremamente importante a protecção dos olhos. A exposição prolongada à radiação pode provocar danos permanentes. Os limites de exposição à radiação U.V estão devidamente estabelecidos.

Os fabricantes de equipamento para sistemas de desinfecção por radiação U.V recomendam os seguintes procedimentos de manutenção:

- a) Limpar a manga de quartzo das lâmpadas, pelo menos uma vez por mês;
- b) Deixar as lâmpadas UV aquecerem durante pelo menos 5 minutos antes de permitir a utilização da água tratada;
- c) As lâmpadas devem ser substituídas quando o medidor de intensidade indica menos de 70% da intensidade nominal da lâmpada; em água refrigerada, ou muito fria, as lâmpadas devem ser substituídas a 50 % da intensidade nominal;
- d) Esterilizar todo o sistema de desinfecção, incluindo o purificador e o sistema de água tratada, antes da sua utilização.

Este processo é muito mais dispendioso do que a cloragem e, como tal, só encontrará aplicação em circunstâncias especiais que não permitam a utilização do cloro.

#### **4.5.3.4 Desinfecção por pasteurização/ esterilização**

Coombes [2002], durante a experiência de Figtree Place, na Austrália, verificou que a qualidade microbiológica da água dos reservatórios com cargas bacterianas altas melhorou em serviços de água quente armazenada com temperatura num intervalo de 50°C a 65°C, respeitando sempre as Normas Australianas de Água Potável. Também verificou que a qualidade microbiológica da água do reservatório com baixas cargas bacterianas melhorou por passagem através de um dispositivo de água quente na experiência na habitação em Maryville, também na Austrália.

Muitos autores tais como Benenson [1995], Joyce *et al.* [1996], Jorgenson *et al.* [1998] e Prescott *et al.* [1999] relatam que água quente a temperaturas relativamente baixas durante um certo período de tempo elimina as bactérias. Este processo é conhecido como Pasteurização/ Esterilização. Prescott *et al.* [1999] explicam que o calor húmido mata as bactérias, fungos e

vírus. O Quadro 4.3 que se segue, de Prescott *et al.* [1999], apresenta as condições em que o calor elimina os microorganismos.

**Quadro 4.3- Condições aproximadas para eliminação dos microorganismos através de calor húmido**

Fonte: Prescott *et al.* (1999)

Organismo	Temperatura e tempo requerido para eliminar	
	Células vegetativas	Esporos
Leveduras	5 minutos a 50-60 °C	6 minutos a 50-80 °C
Mofo	30 minutos a 62 °C	30 minutos a 80 °C
Bactérias mesofílicas	10 minutos a 60-70°C	2-800 minutos a 100°C
Vírus	30 minutos a 60°C	-

As condições aproximadas para eliminação dos microorganismos através de calor húmido apresentadas no Quadro 4.3, sugerem que a água armazenada nas instalações de água quente a 60°C removem a maioria das células vegetativas num período de 30 minutos, incluindo bactérias mesofílicas, mas podem não eliminar os esporos da água. A maioria dos microorganismos e quase todos os organismos patogénicos humanos são bactérias mesofílicas que vivem numa gama de temperaturas entre 20°C a 45°C [Prescott *et al.*, 1999].

Segundo Coombes [2002], a resistência à pasteurização/esterilização dos esporos vegetativos na água pode indicar que existe possibilidade de crescimento bacteriano após a saída da água do sistema de abastecimento de água quente. Esta questão requer investigação adicional. As instalações de água quente de Figtree Place eliminaram a maioria das bactérias da água a temperaturas relativamente baixas (entre 50-65°C) e na experiência em Maryville eliminaram num curto período de tempo a maior parte das bactérias a uma temperatura baixa (55°C).

Prescott *et al.* [1999] revelam que o calor em condições ácidas rapidamente elimina microorganismos. Os serviços de água quente são mais eficazes a eliminar microorganismos em água da chuva ligeiramente ácida (pH entre 5.7-5.9). A resistência dos diferentes microorganismos sujeitos a aumento de temperatura varia extensamente. Por exemplo, *Salmonella Spp.* numa galinha é eliminada em 0.4 minutos a uma temperatura de 60°C, *E. Coli* é instável a temperaturas superiores a 45°C, *Pseudomonas Spp.* é instável a temperaturas superiores a 40°C e *Cryptosporidium* é eliminada em dois minutos a uma temperatura de 60°C [Benenson, 1995 e Prescott *et al.*, 1999].

A temperatura máxima que a maior parte dos organismos patogénicos humanos toleram é de 45°C; a temperaturas superiores a maioria começa a extinguir-se. A maior parte dos organismos patogénicos morre imediatamente a uma temperatura de 65°C [Benenson, 1995]. Esta gama de temperatura é importante para avaliar a eficácia dos serviços de água quente na eliminação de organismos patogénicos. De realçar que os organismos patogénicos não são eliminados instantaneamente mediante a exposição a calor moderado, ao invés espera-se que a morte da população patogénica seja exponencial [Prescott *et al.*, 1999, p. 137 e Mitchell, 1974].

Demora mais tempo a eliminar uma população microbiana maior do que uma população menor. Uma população pequena de microorganismos é eliminada rapidamente expondo-a a

uma dada temperatura, ou é eliminada a uma taxa mais lenta se for exposta a uma temperatura menor. Prescott *et al.* [1999, p. 139] apresentam um exemplo desta situação: *Salmonella Spp.* Em galinha é eliminada em 0.4 minutos a uma temperatura de 60°C ou em 4 minutos a uma temperatura de 55°C. A presença de materiais orgânicos aumenta a temperatura ou período de exposição necessários para eliminar as bactérias. As bactérias na água são rapidamente eliminadas por exposição ao calor. O serviço de água quente na habitação em Maryville foi eficaz a eliminar bactérias da água da chuva porque provavelmente a água quente teve um tempo de residência pequeno nas tubagens domésticas e a população de bactérias era pequena (valores médios: *Coliformes Totais* 18 CFU/100 mL, *Pseudomonas Spp.* 1673 CFU/100 mL e *Heterotrophic Plate Count* 784 CFU/mL).

Coombes [2002], com base nas experiências de Figtree Place e da habitação em Maryville verificou que a utilização da água da chuva em serviços de água quente produz água que garante os parâmetros de qualidade das Normas Australianas de Água Potável. Acredita-se que as instalações de água quente pasteurizam/esterilizam a água da chuva, produzindo água quente com uma qualidade aceitável.

#### **4.5.4 Controlo de PH**

A composição e o pH da água da chuva diferem quimicamente da água municipal tratada e da água do poço, rica em minerais. O controlo de pH da água da chuva pode ser facilmente realizado adicionando uma colher de sopa rasa de bicarbonato de sódio num reservatório de armazenamento por cada 450 litros de água. É aconselhável misturar esta quantidade de bicarbonato de sódio num recipiente de água e vazar esta mistura no reservatório. A mistura ocorrerá naturalmente durante um ou dois dias, ou caso se pretenda acelerar o processo pode ser utilizada, como já foi referido, uma pá de mistura mas deve evitar-se agitar os materiais que estão depositados no fundo do reservatório [Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997].





## CAPÍTULO 5

### CÁLCULO DA CAPACIDADE DE RESERVATÓRIOS

---



## 5. CÁLCULO DA CAPACIDADE DE RESERVATÓRIOS EM SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Geralmente o reservatório de armazenamento é o componente mais caro do sistema de recolha de água da chuva, por isso o seu dimensionamento deve ser realizado com bastante precaução para não conduzir à inviabilidade económica do sistema. A sua capacidade de armazenamento influencia não somente o custo, mas também a eficiência do sistema de aproveitamento, ou seja a capacidade que um determinado reservatório possui de suprir as necessidades de consumo.

Os principais factores que influenciam o dimensionamento do reservatório de água da chuva são:

- a) A superfície do telhado;
- b) O coeficiente de escoamento.
- c) A precipitação no local onde se vai implantar o sistema;
- d) A quantidade de água da chuva necessária para o consumo.

Segundo Tomaz [2003], no processo clássico de dimensionamento utiliza-se uma série histórica de precipitações mensais, o mais longa possível para se aplicar o método de Rippl. As precipitações transformam-se em caudais que são conduzidos até ao reservatório. Muitas vezes utilizam-se séries sintéticas (isto é, aquelas estabelecidas com base na série histórica) em vez de séries históricas para facilidade dos cálculos.

Neste estudo, desenvolveu-se um processo novo, baseado numa ferramenta de cálculo em Excel, com um programa em Visual Basic associado, que se descreve no ponto 5.3.

Os dados de entrada da ferramenta de cálculo são:

- a) Uma série de precipitações históricas diárias de 10 anos (mm);
- b) Consumo regular diário de água da chuva ( $\text{m}^3$ ) e respectivas excepções, caso o consumo seja variável (por exemplo em períodos de férias);
- c) Superfície de recolha de água da chuva ( $\text{m}^2$ );
- d) Coeficiente de escoamento;
- e) Altura de água para primeira lavagem (first-flush) (mm);
- f) Passo para cálculo do volume do reservatório ( $\text{m}^3$ ).

Os resultados da ferramenta de cálculo são:

- a) Volume de água da chuva diário ( $m^3$ );
- b) Volume acumulado ( $m^3$ );
- c) Volume para limpeza do telhado (“first-flush”) ( $m^3$ );
- d) Volume útil ( $m^3$ );
- e) Volume útil acumulado ( $m^3$ );
- f) Volume do reservatório ( $m^3$ );
- g) Eficiência do sistema de aproveitamento;
- h) Grau de aproveitamento.

Em seguida é feita a simulação diária do volume de água no reservatório, para o volume de reservatório calculado ou qualquer outro especificado. São determinados os seguintes valores:

- a) Volume de água no reservatório no início de cada dia ( $m^3$ );
- b) Volume de água desperdiçada ( $m^3$ );
- c) Volume acumulado de água desperdiçada ( $m^3$ );
- d) Volume de água aproveitada ( $m^3$ );
- e) Volume acumulado de água aproveitada ( $m^3$ );
- f) Volume de água fornecida pela rede ( $m^3$ );
- g) Volume acumulado de água fornecida pela rede ( $m^3$ );
- h) Eficiência do sistema de aproveitamento;
- i) Grau de aproveitamento.

Abaixo desenvolvem-se detalhadamente cada um dos parâmetros que influenciam o dimensionamento do reservatório.

## 5.1 AFLUÊNCIAS

A quantidade de água da chuva que pode ser armazenada no reservatório depende da superfície de recolha, da precipitação atmosférica no local onde se vai instalar o sistema e do coeficiente de escoamento. A superfície de captação é normalmente o telhado ou a laje da edificação, tal como se desenvolveu no Capítulo 4..

O volume de água da chuva que pode ser recolhido durante um ano é calculado pela seguinte expressão:

$$V_{\text{anual}} = c \times A \times \sum_{i=1}^{365} h_i$$

Sendo:

$V_{\text{anual}}$  = Volume anual de água da chuva;

$A$  = Superfície de recolha de água da chuva em projecção horizontal;

$h_i$  = Altura de precipitação diária, no dia  $i$ ;

$c$  = Coeficiente de escoamento.

### 5.1.1 Séries de precipitações

Para um cálculo mais preciso do volume do reservatório é aconselhável utilizar as séries de precipitações históricas diárias de mais de um ano.

A folha de cálculo está preparada para séries de precipitações diárias dos últimos 10 anos, no local de instalação do sistema ou de um posto udométrico o mais próximo possível do local, por se considerar que uma série histórica de 10 anos é representativa da situação do nosso clima actual. Pode ser facilmente adaptada para receber séries de precipitações diárias de qualquer número de anos.

### 5.1.2 Coeficiente de escoamento

De acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, abreviadamente designado por RGA, [1995] o coeficiente de escoamento é a razão entre a precipitação útil (isto é, aquela que dá origem a escoamento) e a precipitação efectiva (ou seja, aquela que cai dentro da bacia). O coeficiente de escoamento depende da evaporação e do tipo de pavimento.

O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o que cai sob a forma de precipitação. Assim, são estimadas as perdas, segundo Tomaz [2003], que vão de 10% a 33% do volume que precipita.

A perda de água por evaporação, limpeza do telhado, perdas na auto-limpeza e outras é designada por muitos autores por coeficiente de *Runoff*.

Note-se que o conceito de coeficiente de *Runoff* é diferente do conceito de coeficiente de escoamento. As perdas de água por lavagem do telhado não são contabilizadas no coeficiente de escoamento.

Em seguida apresenta-se um resumo dos vários valores de coeficiente de *Runoff* que aparecem na bibliografia da especialidade.

Os coeficientes de *Runoff* adotados por Hofkes [1981] e Fraiser [1975], para telhas cerâmicas e telhas corrugadas de metal são os indicados no Quadro 5.1.

**Quadro 5.1- Coeficiente de *Runoff* adotado por Hofkes e Frasier**

Fonte: Hofkes (1975); Frasier (1975)

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUNOFF
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

Segundo Waterfall [2004], os coeficientes de *Runoff* utilizados no Arizona para telhado, pavimentação, solo e relva são os que se apresentam no Quadro 5.2.

**Quadro 5.2- Coeficiente de *Runoff* utilizado por Tucson e Phoenix**

Fonte: Waterfall (2004)

MATERIAL	MÁXIMO	MÍNIMO
<b>Telhado:</b> metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro	0,95	0,90
<b>Pavimentação:</b> betão, asfalto	1,00	0,90
<b>Solo:</b> com vegetação	0,75	0,20
sem vegetação	0,60	0,10
<b>Gramado:</b> com solo arenoso	0,10	0,05
com solo barrento	0,17	0,13

Paulo Sampaio Wilken [1978] adota os valores que se apresentam no Quadro 5.3

**Quadro 5.3- Coeficientes de *Runoff* de Paulo Sampaio Wilken**

Fonte: Wilken, (1978)

SUPERFÍCIE	COEFICIENTE C
Telhados	0,70 a 0,95
Pavimentos	0,40 a 0,90
via macadamizadas	0,25 a 0,60
vias e passeios apedregulados	0,15 a 0,30
quintas e lotes vazios	0,10 a 0,30
parques, jardins, gramados dependendo da declividade	0,00 a 0,25

Segundo Arnold Pacey e Adrian Cullis, no seu livro *Rainwater Harvesting*, adoptam como boa estimativa o coeficiente de *Runoff* de 0.8.

Ruskin [2001], cita pesquisa feita por Henry Smith na Universidade das Ilhas Virgens em 1984, afirmando que o valor do coeficiente de *Runoff* de acordo com a literatura está entre 0.70 a 0.90, sendo sugerido por Smith o valor de 0.85.

A superfície de recolha é muito importante para o sistema de aproveitamento de água da chuva, porém o coeficiente de *Runoff* é influenciado por muitos parâmetros locais que são difíceis de avaliar. Primeiro tem de se avaliar a projecção horizontal da superfície de contribuição. Os telhados no sentido dominante do vento podem recolher maior quantidade de chuva do que os de sentido oposto.

Naturalmente, um coeficiente de correcção na área de contribuição pode ser atribuído em função da orientação e inclinação do telhado. No Quadro 5.4 observa-se o coeficiente considerado em função da inclinação e da orientação do telhado, conforme é utilizado na Bélgica.

**Quadro 5.4- Coeficiente de contribuição referente à inclinação e projecção do telhado utilizado na Bélgica**

Vaes; Berlamont (1999)

INCLINAÇÃO DO TELHADO	PROJEÇÃO DO TELHADO			
	NORDESTE	NOROESTE	SUDOESTE	SUDESTE
30°	0,75	1	1,25	1
35°	0,70	1	1,30	1
40°	0,64	1	1,36	1
45°	0,57	1	1,43	1
50°	0,48	1	1,52	1
≥55°	0,45	1	1,55	1

Segundo Guanghui [2001], outro parâmetro local que apresenta grande influência no coeficiente de *Runoff* é o tipo de telhado onde a água é recolhida. Se a superfície é impermeável o escoamento é imediato. Se a superfície é permeável, então o escoamento acontece após a saturação da superfície. No Quadro 5.5 estão apresentados os coeficientes de *Runoff* de alguns tipos de telhados utilizados na Bélgica.

**Quadro 5.5- Coeficiente de *Runoff* utilizado na Bélgica**

Fonte: Vaes; Berlamont (1999)

TIPO DE TELHADO	COEFICIENTE DE RUNOFF
Cobertura plana com argila expandida	0,60
Cobertura plana com betume (carbolástico)	0,70 a 0,80
Telhado inclinado com telha cerâmica	0,75 a 0,90
Telhado inclinado com telha esmaltada	0,90 a 0,95
Telhado inclinado com betume (carboelástico)	0,80 a 0,95

Segundo Khan [2001], os coeficientes de *Runoff* para áreas cobertas e não cobertas estão indicados no Quadro 5.6.

**Quadro 5.6- Coeficiente de *Runoff* utilizado por Khan para a Índia**

Fonte: Khan (2001)

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUNOFF
Telhas cerâmicas	0,56
Chapas corrugadas	0,85
Plástico	0,94
Superfície pavimentada	0,68
Metálica	0,52
Telhados verdes	0,27

Segundo Tomaz [2003], os coeficientes de *Runoff* utilizados em algumas regiões são os apresentados no Quadro 5.7.

Quadro 5.7- Coeficiente de *Runoff* utilizado em algumas regiões

Fonte: Tomaz (2003)

LOCAIS	COEFICIENTE DE RUNOFF
Flórida	0,67
Alemanha	0,75
Austrália	0,80
Ilhas Virgens	0,85

Na folha de cálculo optou-se por tratar o coeficiente de escoamento (dependente da evaporação e do tipo de cobertura) e as perdas de água por lavagem do telhado separadamente. Considerou-se o valor de 0,8 para o coeficiente de escoamento, mas sendo este uma variável, pode ser adoptado conforme o tipo de cobertura.

### 5.1.3 Superfície do telhado

A superfície de recolha dos sistemas de aproveitamento da água da chuva domésticos é habitualmente o telhado da habitação. Naturalmente, interessar-nos-á a projecção horizontal do telhado, pois esta é que determinará a quantidade de chuva colectada.

O telhado pode ser construído por inúmeros materiais conforme apresentado no Capítulo 4, dependendo a qualidade da água nele recolhida materiais utilizados na sua construção, dos materiais que nele se depositam e da sua manutenção.

## 5.2 PREVISÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA

Neves [2003] estima que em Portugal, actualmente, o consumo de água por cada habitante se reparta da seguinte forma:

- Sanitas** – 60 l/hab/dia (dos quais apenas 45 l/hab/dia na habitação, conforme se justifica mais adiante);
- Banhos** – 40 l/hab/dia;
- Lavagem de roupa** – 16 l/hab/dia;



d) **Lavagem de louça** – 8 l/hab/dia;

e) **Limpezas** – 6 l/hab/dia;

f) **Outros** – 6 l/hab/dia;

Isto perfaz 136 l/hab/dia, dos quais apenas 121 l/hab/dia serão gastos em casa. A redução de consumos pode ser alcançada quer por alteração de hábitos, quer pela utilização de equipamentos mais eficientes. Nos tempos que correm a segunda via parece mais promissora e está na base das projecções que se seguem; isto é, não se teve em conta a possibilidade de reduzir os consumos por modificação dos hábitos. Quer isto dizer que haverá ainda margem para uma redução mais acentuada.

### 5.2.1 Consumo em limpeza de sanitas

Hoje em dia já estão relativamente divulgados os autoclismos de dupla opção, ou duais, que geralmente permitem escolher entre uma descarga de 6 litros ou uma outra de 3 litros.

No que diz respeito à frequência de utilização, Neves [2003] refere que uma investigação efectuada no Porto com 4 pessoas conduziu aos seguintes resultados:

a) utilização de 1.5 vezes por dia após defecção;

b) 6 vezes por dia após micção.

Com autoclismos duais esta situação corresponde a um consumo de  $1.5 \times 6$  litros +  $6 \times 3$  litros = 27 l/hab/dia, ao invés dos 60 litros anteriormente previstos.

Para alguns efeitos interessará o consumo dentro das habitações, pelo que se deverá ter em conta que a maioria das pessoas trabalha fora de casa. Em relação a estas, estima-se que os consumos em casa sejam os seguintes:

a) 1 vez por dia após defecção;

b) 4 vezes por dia após micção.

Admitindo ser este o caso de 75% das pessoas, as estimativas para uma média ponderada do consumo em casa são:

$$6 \text{ litros} \times (0.75 \times 1 + 0.25 \times 1.5) + 3 \text{ litros} \times (0.75 \times 4 + 0.25 \times 6) = 20 \text{ litros}$$

Isto é, com autoclismos duais estima-se um consumo de 20 l/hab/dia dentro de casa e 7 l/hab/dia fora de casa.

### **5.2.2 Consumos em banhos**

Segundo Neves [2003], a simples mudança para chuveiros de menor consumo poderá reduzir substancialmente os gastos nos duches. Experiências realizadas com uma área de descarga razoável ( $D=63$  mm na zona dos orifícios) e orifícios bastante finos, mostraram que, sem qualquer incomodidade, é perfeitamente possível reduzir o caudal do chuveiro para 2 l/min e considerar uma duração de 4 minutos, o que dá um volume de 8 litros por duche, com a água permanentemente aberta (foi este, efectivamente, o volume que se mediu por represamento na banheira).

No entanto os gastos diferem de pessoa para pessoa, pelo que se irá considerar um consumo substancialmente maior, de 18 l/hab/dia, em média [Neves, 2003].

### **5.2.3 Consumo para lavagem de roupa**

Actualmente já são correntes as máquinas de lavar roupa com um consumo da ordem dos 60 litros por lavagem, com carga completa. Quanto ao número de lavagens, estima-se que possa ser da ordem de 0.7 por dia numa família de 4 pessoas e 0.5 por dia em famílias menores, o que corresponde a consumos *per capita* de 12 l/hab/dia, sensivelmente [Neves, 2003].

### **5.2.4 Consumo para lavagem de louça**

Para lavagem de louça considera-se uma frequência média de 0.9 vezes por dia em casas de 4 pessoas e 0.7 para famílias menores. Uma vez que o consumo da máquina pode ser da ordem dos 15 litros por lavagem, chega-se a um valor de cerca de 4 l/hab/dia [Neves, 2003].

### **5.2.5 Consumo para limpeza e outras actividades**

Relativamente a estes consumos estima-se que, com equipamento mais eficiente, possam ser reduzidos para valores da ordem dos 60% dos actuais, o que perfaz cerca de 4 l/hab/dia para cada uma destas rubricas [Neves, 2003].

### **5.2.6 Quadro-resumo**

O Quadro 5.8 mostra um resumo da análise efectuada, bem como uma estimativa dos consumos para uma casa de quatro pessoas. Algumas pequenas diferenças ficam a dever-se a arredondamentos.

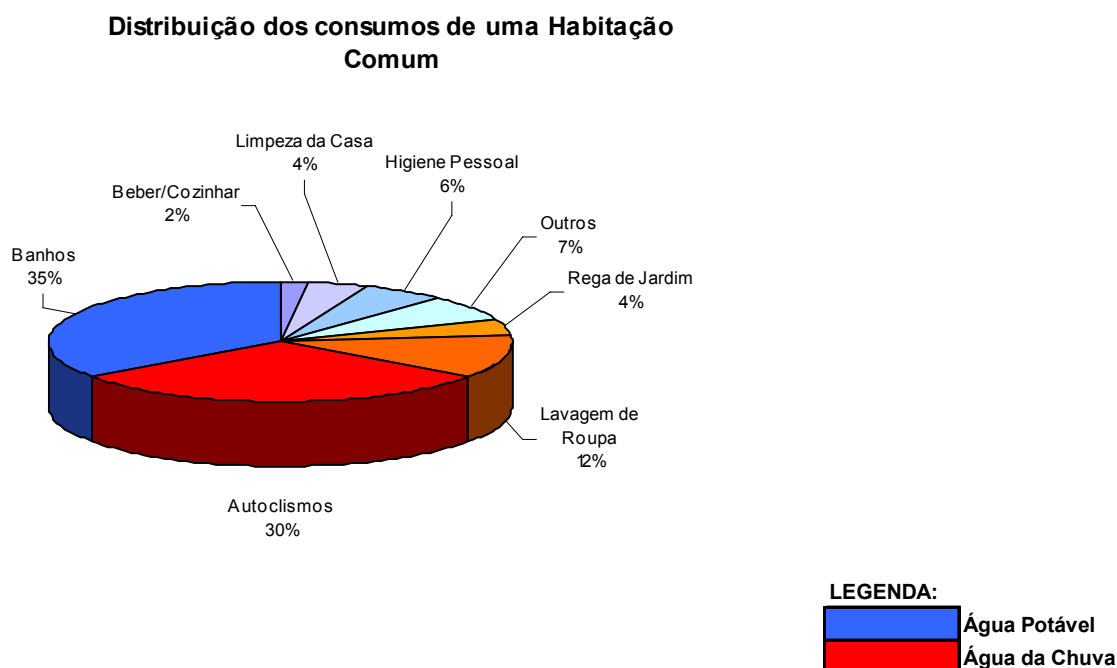
Quadro 5.8- Estimativa dos consumos para uma habitação de quatro pessoas

Fonte: Neves (2003)

	Consumo em 2003	Consumo com equipamentos mais eficientes	
<i>Tipo de consumo</i>	<i>Por pessoa (l/hab/dia)</i>	<i>Por pessoa (l/hab/dia)</i>	<i>Habitação com 4 pessoas (litros/dia)</i>
<b>Descarga de Sanitários</b>			
- casa	45	20	80
- total	60	27	
<b>Água quente</b>	40	18	72
<b>Máq. roupa</b>	16	12	42
<b>Máq. louça</b>	8	4	14
<b>Limpezas</b>	6	4	16
<b>Outras</b>	6	4	16
<b>Totais:</b>			
Consumo em casa	121	62	240
Consumo diário	136	69	

### 5.2.7 Água da chuva

Segundo estudos realizados na Alemanha, cerca de metade do consumo de água de uma habitação (aproximadamente 46%) pode ser substituído por água proveniente da chuva. O potencial de utilização desta água é elevado, conforme se mostra no gráfico da Figura 5.1, que se segue [Kessel-Rainwater Management Systems, 2003].



**Figura 5.1- Distribuição dos consumos numa habitação comum**

Fonte: Kessel-Rainwater Management Systems (2003)

Admitindo a hipótese da utilização de equipamentos mais eficientes tem-se os consumos médios que se descrevem. A água da chuva pode ser aproveitada por exemplo para a lavagem de sanitários; conforme apresentado no ponto 5.2.6 estima-se em termos médios que este consumo seja da ordem dos 20 l/hab/dia dentro da habitação. Outras utilizações habitualmente consideradas são a lavagem de roupa (12 l/hab/dia), serviços de limpeza (4 l/hab/dia), lavagem de automóveis, etc (4 l/hab/dia em conjunto). Adicionando a utilização das sanitas obtém-se um valor médio de 40 l/hab/dia.

Em resumo, admitindo apenas a utilização da água da chuva para fins menos nobres descritas anteriormente, atinge-se em termos médios um valor de 45 l/hab/dia.

Como foi referido no ponto 4.5.3.4 alguns autores defendem a utilização da água das chuvas para produção de água quente (consumo actual de cerca de 40 l/hab/dia), havendo exemplos do seu aproveitamento por exemplo na Austrália. Admite-se que o aquecimento da água melhora a sua aptidão para esses usos. Dos 40 l/hab/dia de água quente, admite-se que cerca de 20 l/hab/dia se possam utilizar em banhos.

Assim, admitindo a utilização da água da chuva para fins menos nobres e para banhos, atinge-se em termos médios um valor de 65 l/hab/dia.

É importante ter presente que com equipamentos tradicionais os valores dos consumos médios admitidos seriam substancialmente maiores.

### 5.3 FERRAMENTA DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO (SAAP-EPB)

Para o dimensionamento e verificação de funcionamento do reservatório desenvolveu-se uma ferramenta de cálculo, em Microsoft Excel que tem associado um programa em linguagem Visual Basic, que se descreve em seguida. Os dados de entrada são importados e os resultados são exportados para uma folha de cálculo Excel.

Em mais detalhe, a utilização da ferramenta de cálculo engloba em fases:

1. Dimensionamento inicial do reservatório;
2. Verificação do funcionamento do SAAP para o volume do reservatório obtido em 1., ou para outro volume pretendido;
3. Cálculo da eficiência e do grau de aproveitamento para diferentes volumes de reservatório.

#### 5.3.1 Dimensionamento do reservatório

Os dados de entrada desta ferramenta de cálculo são:

- a) **Uma série de precipitações históricas diárias de 10 anos (mm);**
- b) **Consumo regular diário de água da chuva e respectivas excepções, caso o consumo seja variável ( $m^3$ ):** corresponde ao volume de água diário que pode ser substituído por água da chuva. No caso do consumo ser variável durante o ano, por exemplo, em períodos de férias, é possível discriminar os períodos de excepção e os respectivos volumes;
- c) **Superfície de recolha de água da chuva ( $m^2$ ):** soma das áreas destinadas a recolher água da chuva, em projecção horizontal. Admite-se constante ao longo de todo o ano;
- d) **Coefficiente de escoamento:** é a razão entre a precipitação útil, isto é aquela que dá origem a escoamento e a precipitação efectiva, ou seja aquela que cai no telhado;
- e) **Altura de água para primeira lavagem (first-flush) (mm):** corresponde à primeira chuvada que lava a superfície do telhado.
- f) **Passo para cálculo do volume do reservatório ( $m^3$ ):** é o acréscimo de volume que o programa utiliza cada vez que faz uma iteração para o cálculo do volume do reservatório.

A ferramenta de cálculo permite determinar:

- a) **Volume de água da chuva diário ( $m^3$ ):** é o volume de água da chuva diário que pode ser recolhido. Este volume é calculado de acordo com o ponto 5.1;

- b) **Volume acumulado ( $m^3$ ):** é o somatório do volume de água da chuva que pode ser recolhido, desde o dia 1 de Outubro do primeiro ano cujas séries de precipitações foram introduzidas, até ao dia em estudo.
- c) **Volume para limpeza do telhado (“first-flush”) ( $m^3$ ):** é o volume de água da chuva diário destinado à limpeza do telhado, calculado com base na altura de água para limpeza do telhado e na área do telhado especificadas;
- d) **Volume útil ( $m^3$ ):** é o volume de água da chuva diário que pode ser recolhido depois de subtraído o volume de água destinado à limpeza do telhado. Corresponde portanto ao volume de água útil, ou seja o volume que temos efectivamente disponível para aproveitar;
- e) **Volume útil acumulado ( $m^3$ ):** é o somatório do volume útil de água da chuva que pode ser aproveitado, desde o dia 1 de Outubro do primeiro ano cujas séries de precipitações foram introduzidas, até ao dia em estudo;
- f) **Volume do reservatório de armazenamento ( $m^3$ ):** é o volume do reservatório que é necessário disponibilizar para aproveitar o volume máximo de água da chuva, do total de que a habitação necessita;
- g) **Eficiência do sistema de aproveitamento:** é uma medida da capacidade que um determinado reservatório possui de suprir as necessidades de consumo. Pode ser definida, para o horizonte em estudo, como:

$$\text{Eficiência do sistema de aproveitamento} = \frac{\text{Volume anual da água da chuva consumida}}{\text{Volume anual consumido total}}$$

A eficiência do sistema é unitária quando ao longo do ano não for necessário recorrer a água da rede pública.

- h) **Grau de aproveitamento:** é a relação entre o volume anual de água da chuva consumida e o volume anual de chuva.

$$\text{Grau de Aproveitamento} = \frac{\text{Volume anual de água da chuva consumida}}{\text{Volume anual de água da chuva}}$$

O dimensionamento inicial do reservatório faz-se utilizando os dados de entrada já apresentados e recorrendo a um programa cujo funcionamento se processa do seguinte modo:

- 1) Importa os dados das colunas “consumo diário” e “volume útil”, da célula “Passo para cálculo do volume do reservatório” e admite que no início da exploração o reservatório se encontra *vazio*;
- 2) Calcula o volume do reservatório correspondente à máxima *eficiência do sistema de aproveitamento* de água da chuva;

Idealmente seria obtido o volume do reservatório com a eficiência unitária, ou seja a totalidade do volume de água consumido seria proveniente do SAAP.

O programa calcula o volume do reservatório acima do qual a derivada desta eficiência de aproveitamento em ordem ao volume do reservatório se anula. Acima deste ponto, nada ganharemos em termos de performance (eficiência) aumentando o volume do reservatório.

Nas Figuras 5.2 e 5.3 apresentam-se dois fluxogramas com o processo de cálculo do volume do reservatório para a eficiência máxima.

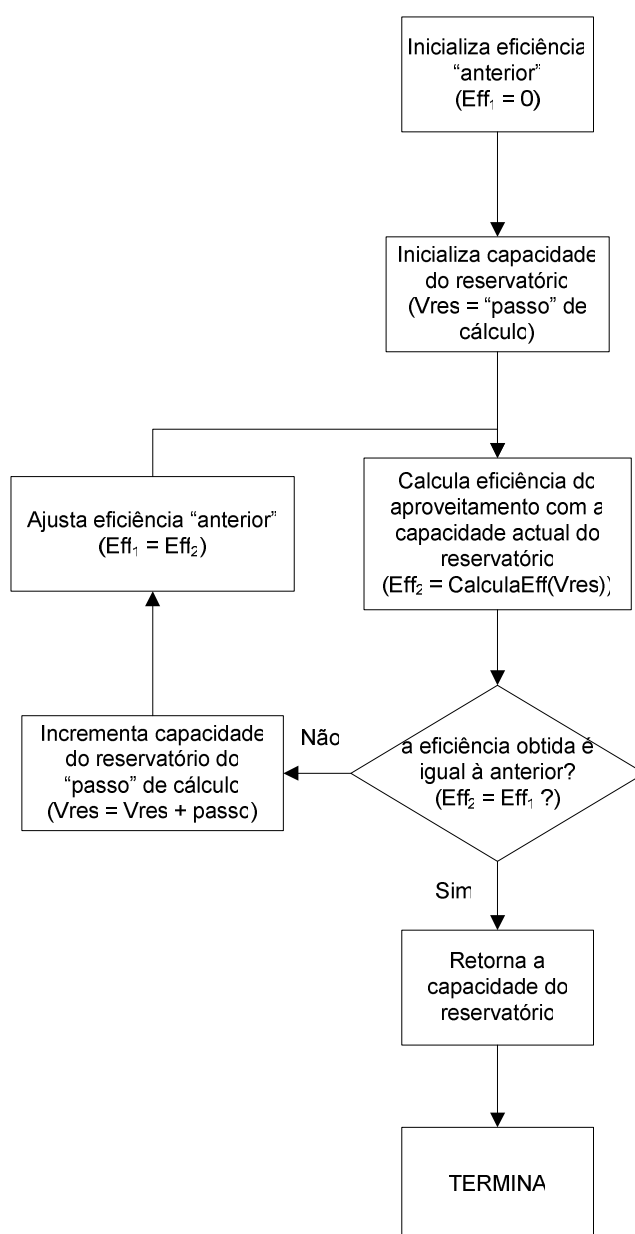
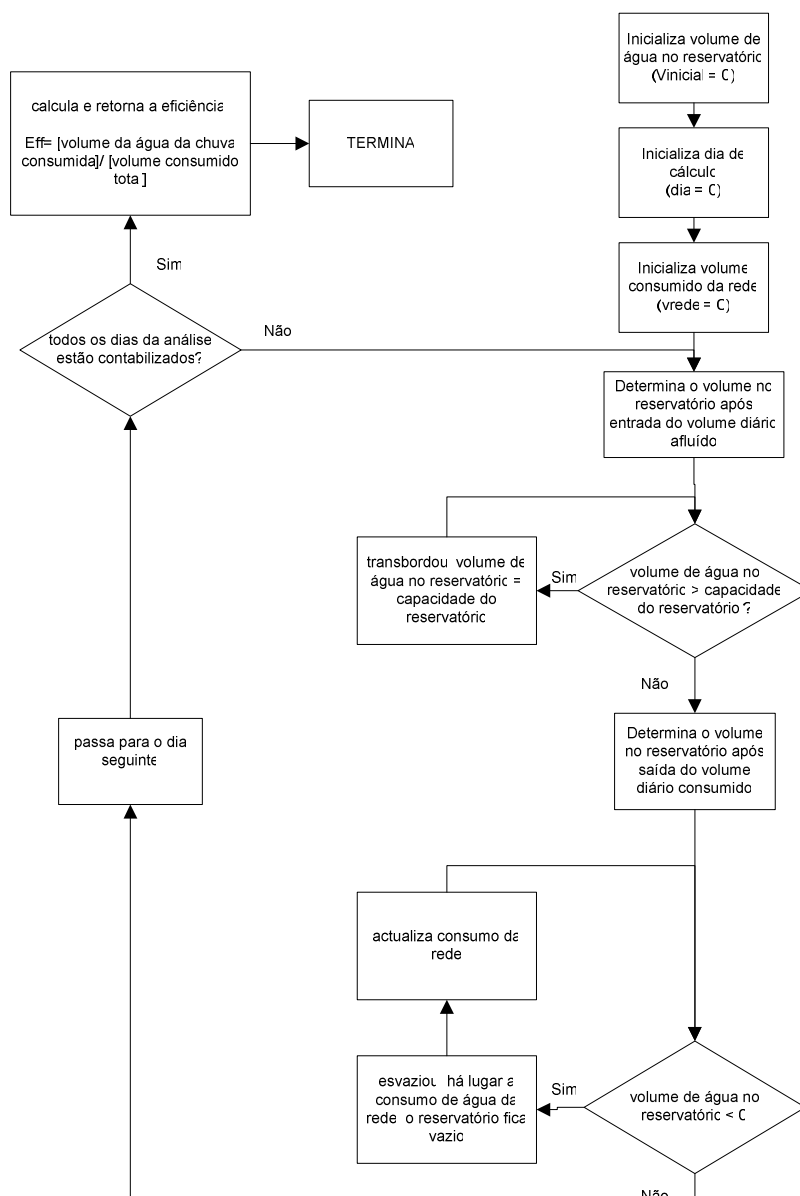


Figura 5.2- Fluxograma de cálculo do volume do reservatório para a eficiência máxima



**Figura 5.3- Fluxograma de cálculo da eficiência do aproveitamento com o volume do reservatório conhecido (função *CalculaEff()*)**

A função *CalculaEff()* determina a eficiência de aproveitamento para um determinado volume de reservatório. É utilizada internamente ao programa descrito, e também independentemente, numa análise posterior, para análise da evolução da eficiência de aproveitamento para diferentes volumes de reservatório (ver ponto 5.3.3.).

Como não se dispõe de uma distribuição mais precisa (por exemplo horária) para a precipitação, tomaremos quer a precipitação quer o consumo como ocorrendo "de uma vez" em cada dia. Para esta situação são possíveis três cenários:



- 1) Assumir que quer a precipitação, quer o consumo ocorrem em simultâneo, isto é, se num determinado dia o reservatório se encontra vazio e se o volume de água da chuva útil desse dia é igual ou superior ao consumo então não há lugar a consumo da rede. Corresponde ao cenário mais optimista para efeitos de aproveitamento de água pluvial;
- 2) Assumir que ocorre primeiro a precipitação e só depois o consumo. Este cenário é mais pessimista que o primeiro, não favorecendo o aproveitamento de água por enchimento do reservatório. Significa que se no início do dia o reservatório estiver cheio, toda a precipitação para esse dia é desaproveitada, pois ainda não ocorreu o consumo que permitiria que mais água entrasse no reservatório;
- 3) Assumir que ocorre primeiro o consumo, e só depois a precipitação. Tal opção é igualmente pessimista, não favorecendo o aproveitamento de água por esvaziamento do reservatório. Significa que se no início do dia o reservatório está vazio, então todo o consumo de água nesse dia virá da rede pública, independentemente da precipitação que venha a ocorrer.

No programa optou-se pela segunda destas opções, combinada com a premissa de que o reservatório no início da exploração está vazio, ou seja o volume inicial de água no reservatório é nulo.

Os valores totais obtidos para o volume útil de água da chuva aproveitado e do volume gasto da rede terão de ser divididos por 10, para se obter valores médios anuais, uma vez que a série de precipitações utilizada corresponde a uma década.

A Figura 5.4 e o Quadro 5.9 apresentam a folha de entrada de dados e a tabela de dimensionamento do reservatório, respectivamente.

Microsoft Excel - SAAP-EPB

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

P18 fx 75%

	A	B	C	D	E	F
1						
2		<b>1. DADOS RELATIVOS À EDIFICAÇÃO</b>				
3						
4		1. Área Telhado (m²)				
5		2. Coeficiente de escoamento do Telhado				
6		3. Nº pessoas (hab)				
7		Consumo diário regular de água da chuva por pessoa (l/hab/dia)				
8		4. Consumo regular (m³)				
9		6. Número de Excepções				
10		6.1. Datas	Data Início (dia)	Data Fim (dia)	Consumo Excepcional (l/hab/dia)	Duração
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24		<b>2. DADOS RELATIVOS AO RESERVATÓRIO DE AUTO-LIMPEZA</b>				
25						
26		1. Altura água para primeira lavagem ("First Flush") (mm)				
27		2. Volume de Água do reservatório de limpeza (m³)				
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						

INPUTS Cal Cap\_Res Ver Cap\_Res

Figura 5.4- Folha de entrada de dados na ferramenta de cálculo SAAP-EPB

### Quadro 5.9- Dimensionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva

<b>DADOS</b>	
"PASSO" PARA CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO	(m <sup>3</sup> )

<b>RESULTADOS</b>
VOLUME DO RESERVATÓRIO (m <sup>3</sup> )
EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO
GRAU DO APROVEITAMENTO

[illegible]

Nota: As colunas a cinzento são dados de entrada do programa, as restantes são resultados

### 5.3.2 Verificação do funcionamento do reservatório

Esta folha de cálculo faz a simulação diária do funcionamento de um reservatório com o volume útil obtido anteriormente ou com qualquer outro volume especificado.

Os dados de entrada da ferramenta de cálculo são os apresentados no ponto anterior, acrescidos do **volume do reservatório de armazenamento**.

Os resultados da ferramenta de cálculo são:

- a) **Volume de água no reservatório no início de cada dia ( $m^3$ ):** com a escolha do cenário 2 este volume corresponde ao do final do dia anterior;
- b) **Volume de água desperdiçada em cada dia ( $m^3$ ):** é o volume de água da chuva que transborda do reservatório;
- c) **Volume acumulado de água desperdiçada ( $m^3$ ):** é o volume de água da chuva que transborda do reservatório, desde o dia 1 de Outubro do primeiro ano cujas séries de precipitações foram introduzidas, até ao dia em estudo;
- d) **Volume de água aproveitada diariamente ( $m^3$ ):** é o volume de água da chuva consumido diariamente com o SAAP;
- e) **Volume acumulado de água aproveitada ( $m^3$ ):** é o volume de água da chuva aproveitada com o SAAP, desde o dia 1 de Outubro do primeiro ano cujas séries de precipitações foram introduzidas até ao dia em estudo;
- f) **Volume de água fornecida pela rede ( $m^3$ ):** é o volume de água diário que deve vir da rede de abastecimento público, ou de outra origem, caso a água da chuva existente no reservatório não seja suficiente para suprir os consumos;
- g) **Volume acumulado de água fornecida pela rede ( $m^3$ ):** é o volume de água acumulado proveniente da rede de abastecimento público, ou de outra origem;
- h) **Eficiência do sistema de aproveitamento,** conforme descrito anteriormente;
- i) **Grau de aproveitamento,** conforme descrito anteriormente.

Por coerência com o programa desenvolvido, a verificação do funcionamento do reservatório processa-se do seguinte modo:

- 1) Calcula o volume de água no reservatório no início do dia em estudo. Assume-se, como já referido, que o reservatório se encontra vazio no início do estudo.
- 2) A este valor soma o volume de água da chuva diário útil para o dia em estudo e verifica se o resultado desta soma excede o volume do reservatório. Em caso afirmativo, há desperdício (não aproveitamento da totalidade da água disponível) pois o reservatório está cheio e transborda, e o resultado desta

operação é reduzido para o volume máximo de água que o reservatório pode conter.

- 3) Ao resultado da operação anterior deduz o consumo de água da chuva para o dia em estudo. Um resultado negativo indica, por contraste com a operação anterior, que o reservatório esvaziou, e que é necessário recorrer a água da rede de distribuição.
- 4) Este último resultado depois de convertido qualquer valor negativo em zero (pois o reservatório não pode estar "menos que vazio"), corresponde ao volume de água no reservatório no final do dia em estudo, e o cálculo repete-se.

Concluindo, para qualquer ano em estudo, e para qualquer capacidade do reservatório, podemos determinar:

- a) O volume total de água que se desperdiçou;
- b) O volume total de água que se aproveitou devido ao SAAP;
- c) O volume total de água que se foi buscar à rede de distribuição;
- d) O volume total de água que existiu disponível para aproveitamento.

### **5.3.3 Cálculo da eficiência e do grau de aproveitamento para diferentes volumes**

Finalmente, a ferramenta de cálculo faz o cálculo repetido da eficiência do sistema de aproveitamento, do volume da água anual aproveitado pelo SAAP, do volume anual de água abastecida pela rede, do volume anual de água desperdiçado e do grau de aproveitamento, para uma gama de volumes de reservatório entre zero e o volume do reservatório necessário para a máxima eficiência, calculado no ponto 5.3.1. Representando graficamente estes resultados (eficiência do sistema de aproveitamento em função da capacidade do reservatório e grau de aproveitamento em função do volume do reservatório), nos gráficos das Figuras 5.5 e 5.6, tem-se uma boa percepção da gama de volumes mais interessante para o reservatório do SAAP e dos benefícios no sistema de drenagem municipal. Os resultados apresentados na Figura 5.6 serão os dados de entrada para o estudo económico do sistema.

### Eficiência do SAAP em função da capacidade do reservatório

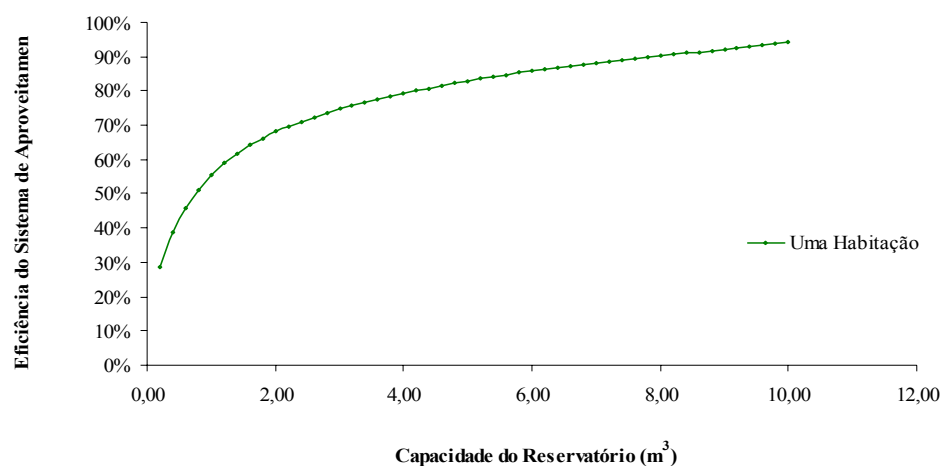


Figura 5.5- Eficiência do sistema de aproveitamento de água da chuva em função da capacidade do reservatório instalado

### Grau de aproveitamento do SAAP em função da capacidade do reservatório

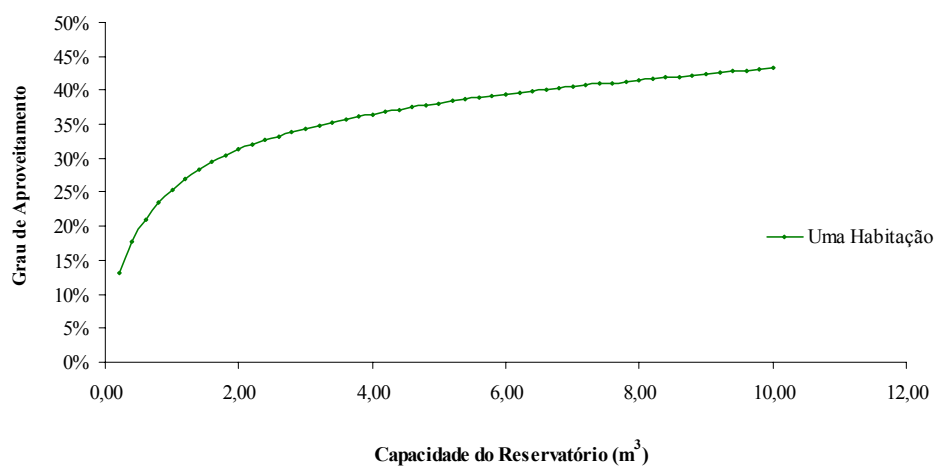


Figura 5.6- Grau de aproveitamento de água da chuva em função da capacidade do reservatório instalado

No Quadro 5.10 apresenta-se a folha de verificação do dimensionamento do reservatório de armazenamento da água da chuva.

De modo semelhante ao apresentado no ponto 5.3.1., os valores totais obtidos para o volume de água desperdiçada, o volume de água aproveitada e o volume de água fornecida pela rede terão de ser divididos por 10, para se obter valores médios anuais.

### Quadro 5.10- Verificação do funcionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva

DADOS		RESULTADOS									
CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO (m³)		EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO									
		GRAU DE APROVEITAMENTO									
VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO RESERVATÓRIO											
MESES	DIAS	CONSUMO DIÁRIO (m³)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)	VOLUME DIÁRIO ÚTIL (m³)	VOLUME DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO (m³)	VOLUME DE ÁGUA DESPERDICADA (m³)	VOLUME ACUMULADO DE ÁGUA DESPERDICADA (m³)	VOLUME DE ÁGUA APROVEITADA (m³)	VOLUME ACUMULADO DE ÁGUA APROVEITADA (m³)	VOLUME DE ÁGUA FORNECIDA PELA REDE (m³)	VOLUME ACUMULADO DE ÁGUA FORNECIDA PELA REDE (m³)
OUTUBRO											
NOVEMBRO											
(...)											etc. .... etc. .... etc. .... etc. .... etc.
TOTAL											

Nota: As colunas a cinzento são dados de entrada do programa, as restantes são resultados



## CAPÍTULO 6

### CASO PRÁTICO: PROJECTO PARA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

---



## 6. CASO PRÁTICO: PROJECTO PARA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

### 6.1 DESCRIÇÃO GERAL DA HABITAÇÃO

A habitação em estudo é a casa do Professor Doutor Mário Jorge Valente Neves, orientador deste trabalho, sendo uma situação típica de uma habitação unifamiliar com quatro pisos. A sua tipologia é T4, com uma área de implantação de 114 m<sup>2</sup> e uma área de jardim de cerca de 112 m<sup>2</sup>. Tem 4 casas de banho, sendo uma completa na cave e uma de serviço no rés-do-chão para apoio da cozinha, copa e sala. O 1º andar tem 4 quartos, sendo um deles com casa de banho privativa. A 4ª casa de banho é de apoio aos restantes quartos. Existe ainda um aproveitamento da área de sótão para escritório.



Figura 6.1- Habitação unifamiliar – vistas frontal e lateral direita



Figura 6.2- Habitação unifamiliar – vistas lateral direita e posterior

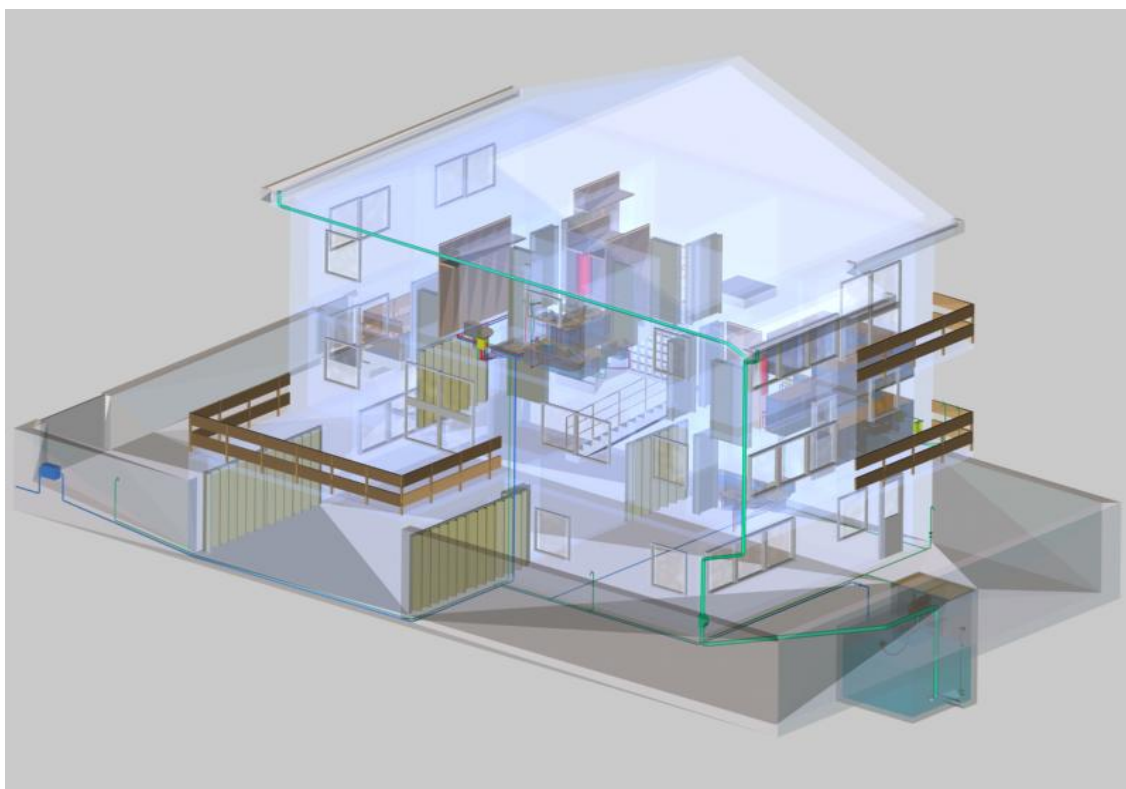
## 6.2 PROJECTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### 6.2.1 Concepção geral

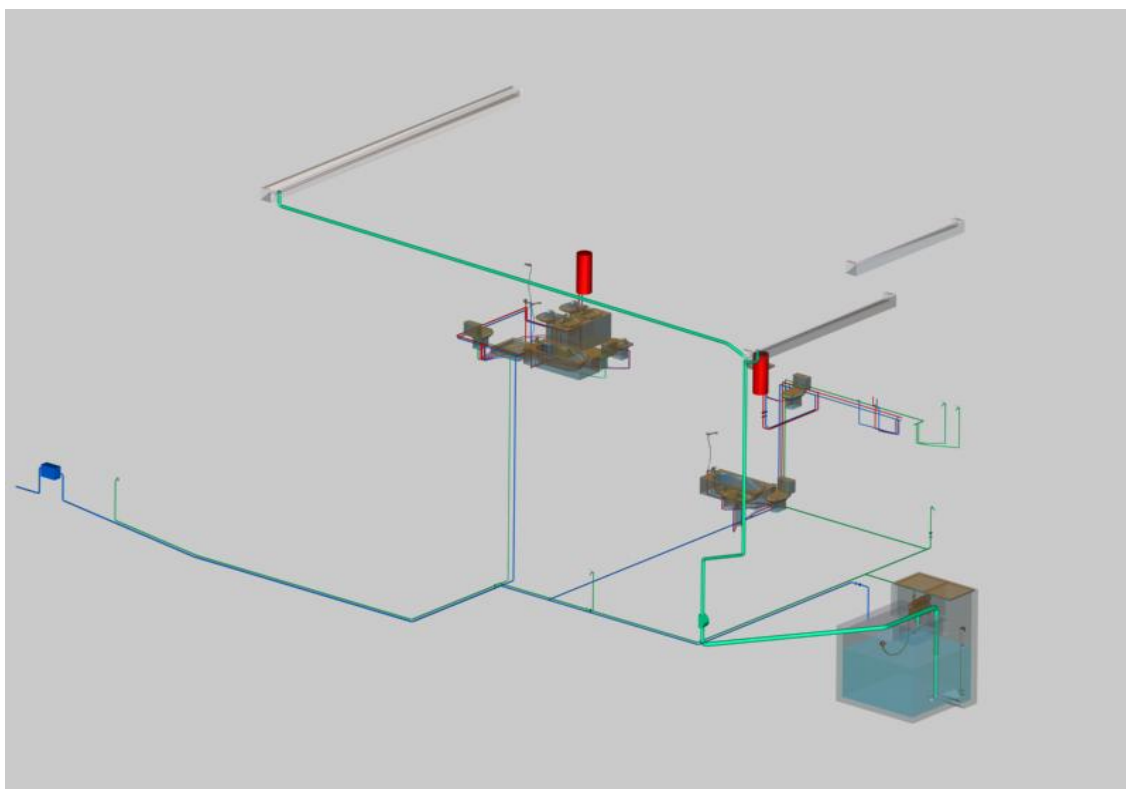
O sistema de abastecimento de água agrupa as redes internas de distribuição de água fria e quente do edifício, com a respectiva ligação à rede pública.

A distribuição de água potável na moradia será efectuada por um ramal que deriva da rede pública. Este ramal poderá ser construído em tubagem de PEAD de diâmetro 40 mm e classe de pressão PN6.3, tendo a montante uma válvula de seccionamento instalada no passeio público e um contador totalizador para registo do volume de água fornecido.

A água da rede pública entra pela cave, atravessa a garagem e deriva duas vezes. A primeira derivação sobe até ao 1º andar, onde abastece duas casas de banho e o termoacumulador que servirá de fonte de água quente para ambas as casas de banho do 1º andar; a segunda abastece a casa de banho da cave, a casa de banho de serviço, a cozinha e o termoacumulador do rés-do-chão. Este termoacumulador servirá de fonte de água quente para o rés-do-chão e para a cave.

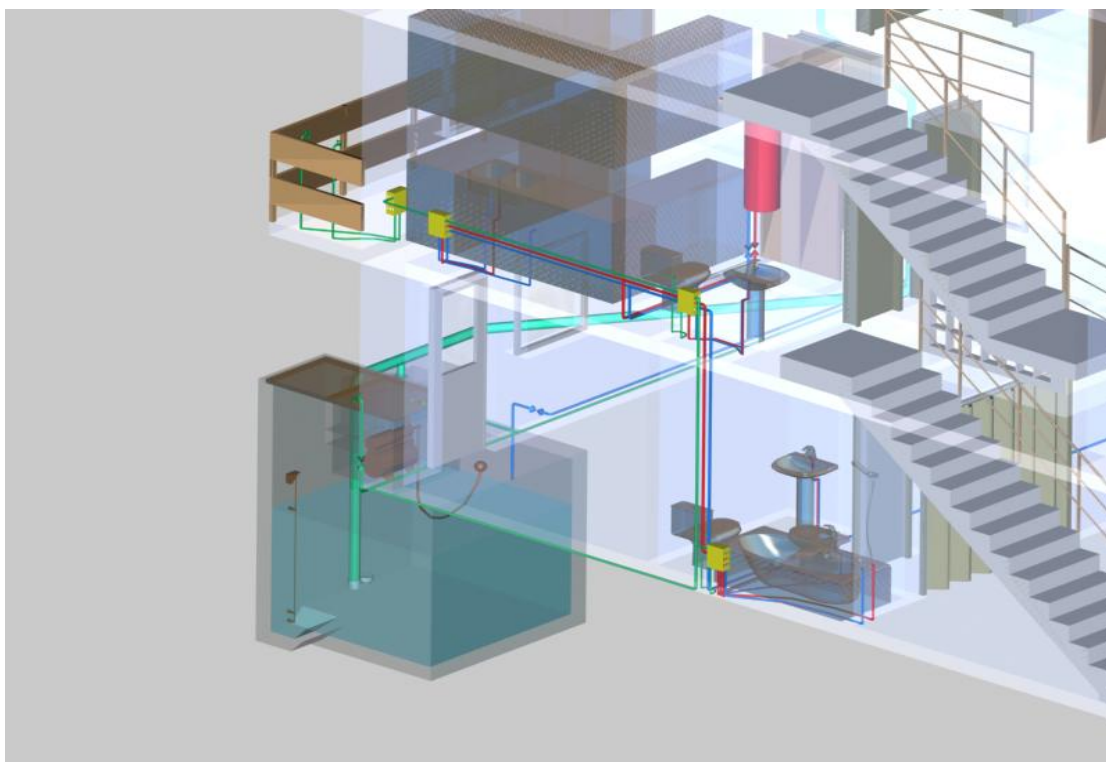


**Figura 6.3- Habitação unifamiliar: esquemas de tubagens**



**Figura 6.4- Habitação unifamiliar: tridimensional de tubagens**

A tubagem será em PPR (Polipropileno PN20), com união entre os tubos por soldadura por fusão térmica entre o tubo e o acessório (após a soldadura, o tubo e o acessório constituem um corpo único, excluindo-se os problemas que poderiam derivar de potenciais pontos de fuga) e andará embutido nas paredes até à caixa de derivação para os aparelhos sanitários. Nesta caixa serão colocadas as válvulas de seccionamento dos ramais individuais de alimentação dos vários aparelhos. Estes serão em PEX e seguirão embebidos no pavimento até aos respectivos aparelhos.



**Figura 6.5- Habitação unifamiliar: pormenor de tubagens e do reservatório**

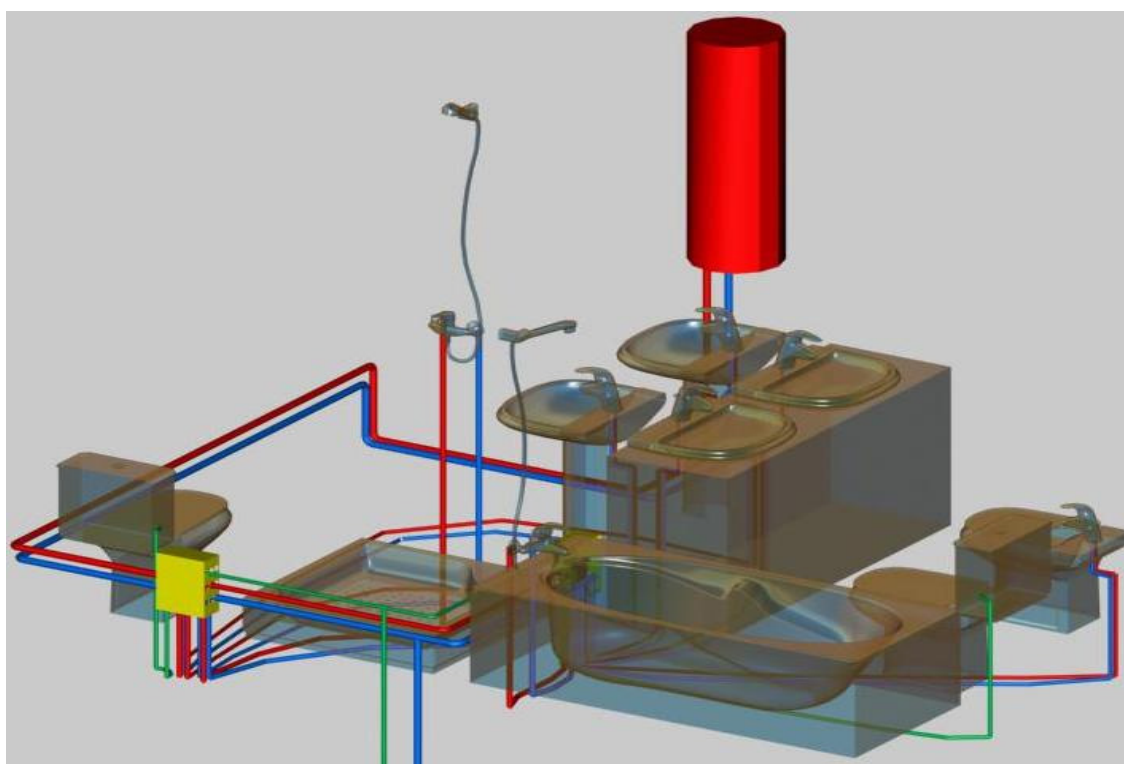


Figura 6.6- WC's do 1º piso da habitação unifamiliar: esquema de tubagens.

**Legenda:** Caixa de derivação: a amarelo; tubagens: a verde – tubagem de água da chuva, a azul – tubagem de água fria, a vermelho – tubagem de água quente.

A tubagem embebida deve ser instalada pelo interior de uma manga para possibilitar a sua substituição sem que seja necessário intervir nos pavimentos. As extremidades das mangas estarão localizadas no interior de caixas onde também ficarão alojadas as válvulas de seccionamento da tubagem.

A tubagem de água quente partirá dos termoacumuladores de água quente e seguirá tanto quanto possível paralela à tubagem de água fria e nunca abaixo desta, a uma distância mínima de 5 cm.

Foram estudados três cenários:

- a) **Hipótese 0:** hipótese de base, projecto geral do sistema **sem aproveitamento da água da chuva**. A água da rede pública abastece todos os equipamentos. Este cenário servirá de base para se estimar o custo acrescido das soluções apresentadas nos outros dois cenários.
- b) **Hipótese I:** projecto geral do sistema **com aproveitamento da água da chuva para consumo não potável excluindo banhos**: a água da chuva abastece a rede de serviço, os autoclismos, a máquina de lavar roupa e o tanque de lavar roupa; o valor da captação média anual de água da chuva nesta solução estima-se em 45 l/hab/dia, conforme apresentado no ponto 5.2.7;

- c) **Hipótese II:** projecto geral do sistema **com aproveitamento da água da chuva para consumo não potável incluindo banhos**: a água da chuva abastece a rede de serviço, os autoclismos, a máquina de lavar roupa, o tanque de lavar roupa e a rede de água quente para banhos; o valor da capitação média anual de água da chuva nesta solução estima-se em 65 l/hab/dia, conforme apresentado no ponto 5.2.7.

Nas Hipóteses I e II a rede de água do sistema público segue ainda até ao reservatório de armazenamento da água da chuva para suprir as necessidades nos períodos de seca. O reservatório é em betão armado e localiza-se no jardim, abaixo do solo, nas traseiras da habitação.

## 6.2.2 Dimensionamento

O dimensionamento realizou-se de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.

A definição dos consumos para o dimensionamento das redes foi obtida a partir dos caudais mínimos regulamentares a garantir nos diversos aparelhos, conforme apresentado no Quadro 6.1.

Quadro 6.1- Caudais mínimos nos dispositivos de utilização água fria ou quente

APARELHO	CAUDAIS MÍNIMOS (l/s)
Autoclismo de bacia de retrete	0,10
Banheira	0,25
Bidé	0,10
Chuveiro individual	0,25
Lavatório individual	0,10
Pia lava-louça	0,20
Máquina de lavar louça	0,15
Máquina de lavar roupa	0,20
Tanque de lavar roupa	0,30
Torneira de rega ou lavagem	0,30

Para a determinação dos caudais de cálculo acumularam-se em cada trecho da rede os caudais instantâneos a garantir nos aparelhos situados a jusante (obtendo-se os caudais acumulados) e aplicaram-se critérios de simultaneidade regulamentares.

Encontrados os caudais de cálculo, determinaram-se os diâmetros dos diferentes trechos da rede para uma velocidade de escoamento de 1.0 m/s. Este procedimento garante a manutenção da velocidade dentro de um intervalo de valores admissíveis regulamentarmente (entre 0.5 m/s e 2.0 m/s).

Determinando as perdas de carga da rede (através da fórmula de Colebrook-White) e tendo em consideração os desníveis geométricos, obtêm-se as pressões na tubagem.



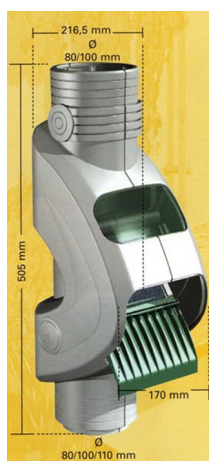
De modo a garantir qualidade em termos de distribuição de água e desempenho dos aparelhos, deve garantir-se a pressão mínima de 10 m.c.a. no ponto de consumo mais desfavorável.

## 6.3 PROJECTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

### 6.3.1 Concepção geral

A drenagem de águas pluviais incide essencialmente na recolha de águas provenientes da cobertura da habitação. Essa recolha será feita sucessivamente por caleiras, tubos de queda e colectores prediais até ao reservatório de armazenamento de água da chuva.

A cobertura da habitação é de duas águas e tem uma área de 117 m<sup>2</sup>. As caleiras serão moldadas no betão. A caleira do alçado principal drena para um colector que vai amarrado no interior do sótão ao longo do alçado lateral direito até ao alçado posterior. No alçado posterior a caleira drena em direcção ao tubo de queda, o qual recebe o efluente da totalidade a cobertura. O tubo de queda será exterior e descerá até ao nível do pavimento, onde liga graviticamente ao reservatório de armazenamento de água da chuva.



O colector segue com traçado rectilíneo quer em planta, quer em perfil.

No tubo de queda será instalado um filtro do tipo “3P Rainus” da “3P Technik”. Neste filtro os detritos e as folhas de árvore são expelidos pela parte frontal e a água filtrada é conduzida pelo tubo de queda até ao colector predial, que segue até ao reservatório de armazenamento de água da chuva.

**Figura 6.7- Filtro “3P Rainus”**

Fonte: 3P Technik (2005)

### 6.3.2 Dimensionamento dos diversos órgãos

Para dimensionamento das caleiras os caudais foram determinados tendo em conta a área a drenar e a intensidade média máxima de precipitação para uma duração de 5 minutos e um período de retorno de 10 anos.

Para o cálculo recorreu-se às curvas intensidade/duração/frequência. A intensidade média máxima da precipitação (mm/h) é calculada por aplicação da fórmula:

$$I = a \times t^b$$

O Porto situa-se na região pluviométrica A, ficando assim definidos os seguintes parâmetros caracterizadores da intensidade de precipitação:

$$a = 290,68$$

$$b = -0,549$$

A intensidade de precipitação resulta em 120 mm/h.

Como referido anteriormente, no ponto 5.1.2, o coeficiente de escoamento é a razão entre a precipitação útil, isto é, aquela que dá origem a escoamento na rede e a precipitação efectiva. O caudal de ponta em cada secção de caleiras foi calculado por aplicação da Fórmula Racional:

$$Q = c \times I \times A$$

em que:

**Q** é o caudal de ponta;

**c** é o coeficiente de escoamento;

**I** é a intensidade média máxima de precipitação;

**A** é a área de influência;

Adoptou-se para coeficiente de escoamento na cobertura o valor de 0.80. Na maior área existente a drenar obteve-se o caudal máximo de 94 l/min. Optou-se por uma caleira uniforme de 20 x 15 cm.

Os caudais que passam em cada tubo de queda são obtidos pelo somatório dos caudais correspondentes às caleiras que escoam para cada um desses tubos de queda. Nesta situação toda a superfície da cobertura drena para apenas um tubo de queda, para o qual se obteve um diâmetro de 80 mm.

O caudal de cálculo numa dada secção de colector é encontrado de forma idêntica ao das caleiras, pelo somatório dos caudais correspondentes às áreas drenadas a montante dessa secção.

Encontrado o caudal de cálculo de águas pluviais, calculou-se o diâmetro do trecho da rede tendo em conta a inclinação (que deverá situar-se entre os 0.5% e 4%), a rugosidade do material (para o PVC admitiu-se  $K_s=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ) e o facto de o escoamento poder processar-se com a secção do colector cheia. O cálculo hidráulico foi desenvolvido pela fórmula de Manning-Strickler.

## **6.4 PROJECTO DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO**

### **6.4.1 Dimensionamento**

Com o objectivo de se avaliarem as potencialidades do aproveitamento da água da chuva da região norte no nosso país utilizaram-se os dados reais do posto udométrico da Serra do Pilar, distrito do Porto. Os dados de precipitação diária, desde 01 de Outubro de 1994 até 30 de Setembro de 2004, são da responsabilidade do Instituto de Meteorologia. O cálculo da capacidade do reservatório foi efectuado com base na ferramenta de cálculo descrita no ponto 5.3.

### **6.4.2 Concepção geral**

O reservatório de água da chuva proposto tem uma capacidade útil de  $6 \text{ m}^3$ , é em betão armado e localiza-se no jardim, abaixo do solo, nas traseiras da habitação. Apresenta uma área em planta de  $2.2 \text{ m} \times 2.2 \text{ m}$  e uma altura útil de  $1.5 \text{ m}$ . Optou-se por um reservatório de  $6 \text{ m}^3$ , porque para este volume atinge-se uma eficiência de aproveitamento superior a 70 % para ambos os cenários (Hipótese I e Hipótese II). A partir dos  $6 \text{ m}^3$ , um pequeno acréscimo de eficiência de aproveitamento conduziria à instalação de um reservatório bastante maior, não se justificando o aumento do custo.

Este tem acoplado um reservatório de auto-limpeza com válvula de flutuador semelhante ao descrito no ponto 4.3.3. O volume do reservatório de auto-limpeza foi calculado em função da área do telhado e do volume de água necessário para fazer a limpeza do telhado, admitindo que uma altura de  $1 \text{ mm}$  de precipitação é suficiente para fazer a respectiva limpeza, obtendo-se assim um reservatório de auto-limpeza com uma capacidade de 117 litros. Nas Figuras 6.8 a 6.15 são apresentadas as peças desenhadas do projecto de definição de formas e equipamentos do reservatório descrito.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> As peças desenhadas que se apresentam nas Figuras 6.8 a 6.15 não estão à escala. As figuras estão devidamente cotadas.

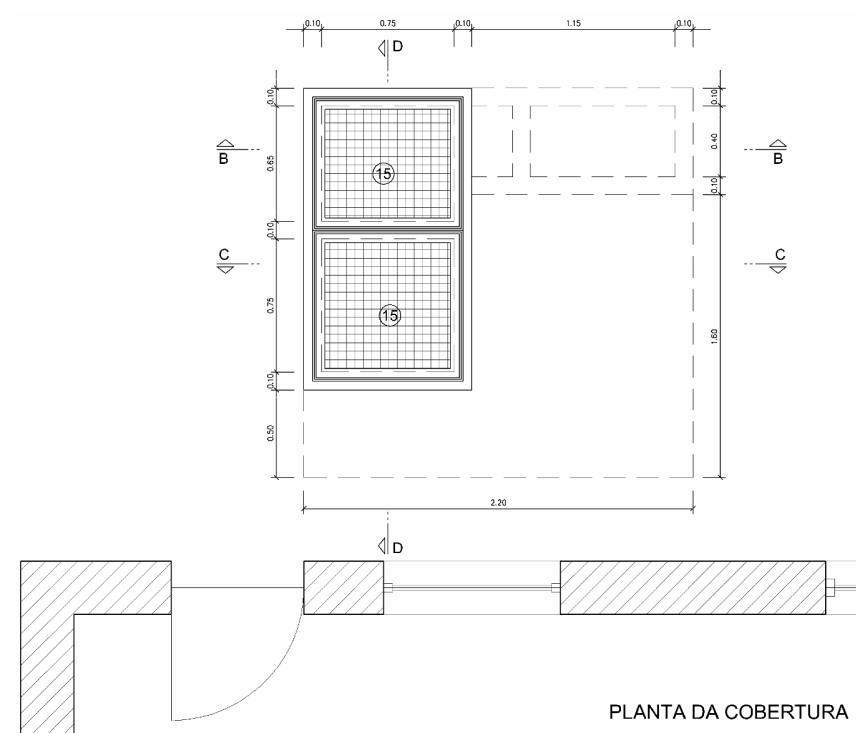


Figura 6.8- Planta da cobertura do reservatório de armazenamento de água da chuva

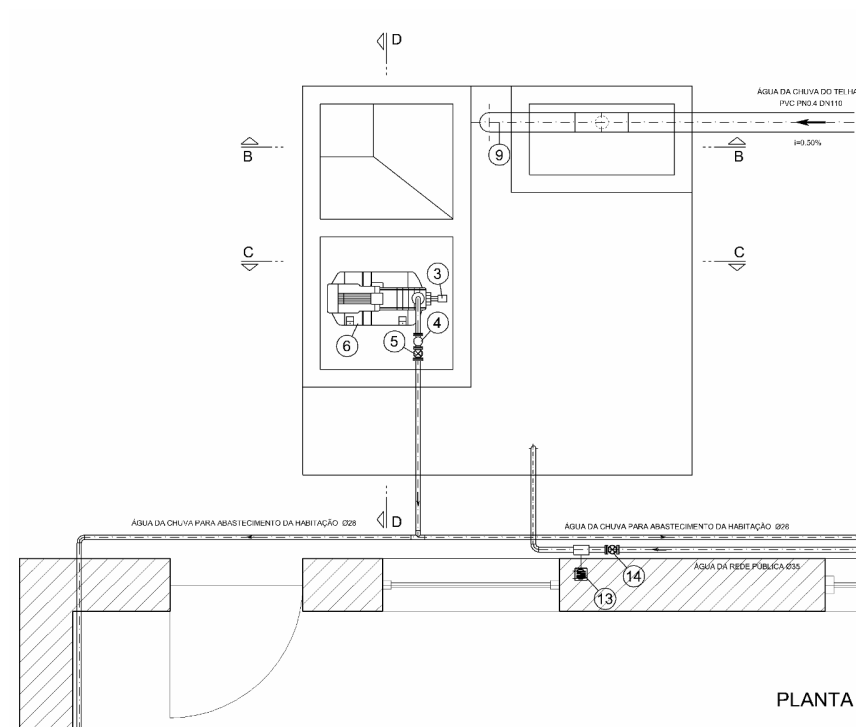


Figura 6.9- Planta do reservatório de armazenamento de água da chuva

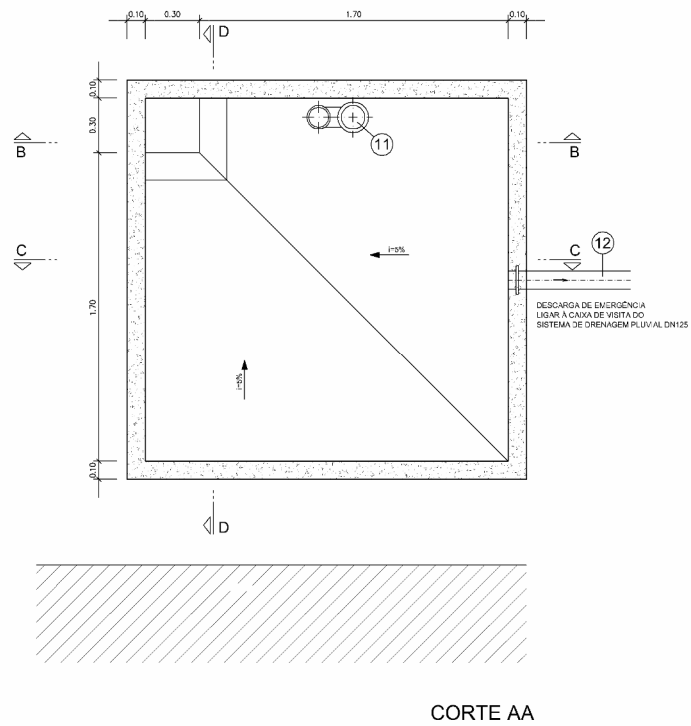


Figura 6.10- Corte AA do reservatório de armazenamento de água da chuva

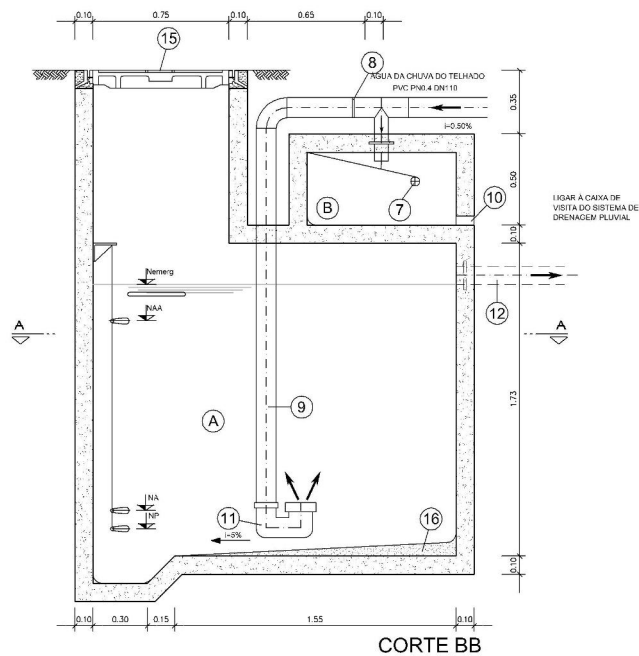


Figura 6.11- Corte BB do reservatório de armazenamento de água da chuva

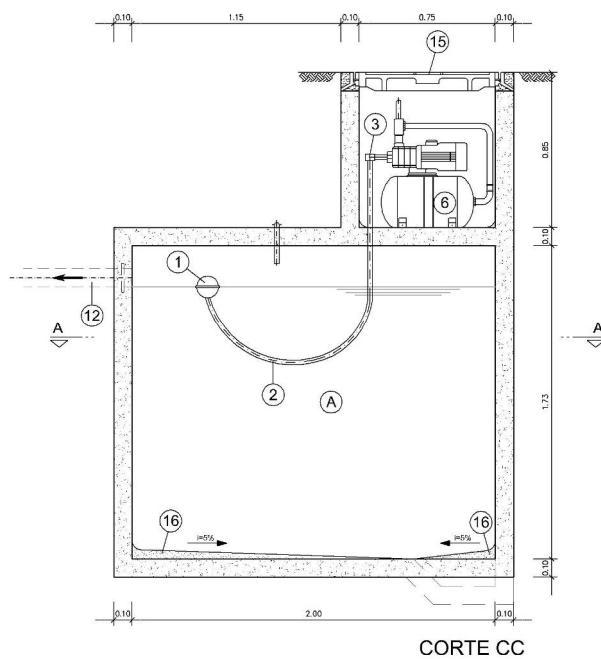


Figura 6.12- Corte CC do reservatório de armazenamento de água da chuva

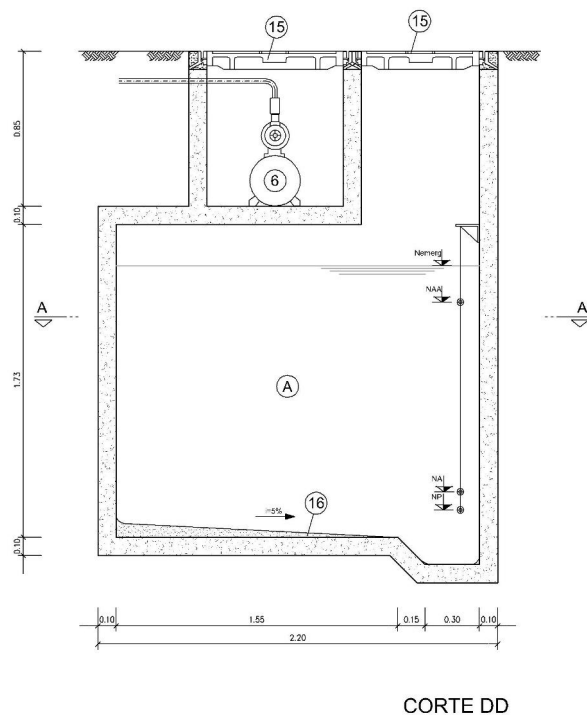


Figura 6.13- Corte DD do reservatório de armazenamento de água da chuva

AÇO	BETÃO				RECOBRIMENTO (cm)		
	RESISTÊNCIA		DURABILIDADE		EXTERIOR	INTERIOR	
A400NR	B25 (REBAP)		5b (NP ENV 206)		3.0	3.0	
PARA CORRELAÇÃO DAS CLASSES DE RESISTÊNCIA ADMITE-SE A SEGUINTE EQUIVALENCIA:							
REBAP	B15	B20	B25	B30	B37	B45	B50
NORMA NP ENPV 206	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/45
BETÃO DE REGULARIZAÇÃO COM 0.05m DE ESPESSURA SOB TODOS OS ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO							

**ACABAMENTOS:****PAREDES EXTERIORES:**

Revestimento betuminoso para a impermeabilização de paredes enterradas do tipo "IGOLATEX" ou equivalente.

**PAREDES INTERIORES:**


Revestimento com microargamassa impermeabilizante para água potável do tipo "SIKATOP SEAL 107" ou equivalente.

**Figura 6.14- Materiais e acabamentos do reservatório de armazenamento de água da chuva****LEGENDA:**

A - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

B - RESERVATÓRIO DE AUTO-LIMPEZA

- 1 - Conjunto flutuante de sucção da 3PTechnik ou equivalente.
- 2 - Tubagem de aspiração em FFD PN10, DN28.
- 3 - Curva a 90° em FFD PN10, DN28.
- 4 - Válvula de retenção em FFD PN10, DN28.
- 5 - Válvula de cunha elástica em FFD PN10, DN28.
- 6 - Grupo electrobomba com depósito de membrana de 24 Lt.
- 7 - Bóia automática de nível.
- 8 - Filtro com malha em Aço Inox.
- 9 - Tubagem de entrada de água da chuva em PVC PN0.4 DN110.
- 10 - Orifício de descarga para auto-limpeza.
- 11 - "Amortecedor" de água do tipo "3PCalmet" da 3PTechnik ou equivalente.
- 12 - Descarga de superfície do reservatório de água da chuva em PVC PN0.4 DN125.
- 13 - Válvula de solenóide DN35.
- 14 - Válvula de cunha elástica DN35.  
(Abastecimento da rede pública).
- 15 - Tampas de aro em FF do classe B125, com 650x750 e 750x750.
- 16 - Betão de enchimento.

 Passa Muros em PVC rígido no diâmetro indicado

NP - Nível de paragem da bomba.  
NA - Nível de arranque da bomba e de abertura da água da rede pública.  
NAA - Nível de alto alarme, fecho da água da rede pública.  
Nemerg - Nível de emergência

**Figura 6.15- Legenda de equipamentos do reservatório de armazenamento de água da chuva**

A tubagem de entrada no reservatório possui no extremo jusante, já no interior do reservatório, um dispositivo para amortecer a água do tipo “3P Calmet” da “3P Technik”, semelhante ao descrito no ponto 4.3.1, o qual impede que a água que entra atinja a camada de sedimentação do reservatório, evitando que esta se misture novamente com a água armazenada. Ao mesmo tempo, a parte inferior da água armazenada recebe uma injeção de oxigénio que impede a ocorrência de um processo anaeróbio na água estagnada. A partir do reservatório a água é bombada através de um grupo electrobomba com um depósito de membrana e injectada na rede predial de aproveitamento de água da chuva, que a conduz até aos aparelhos onde será utilizada.

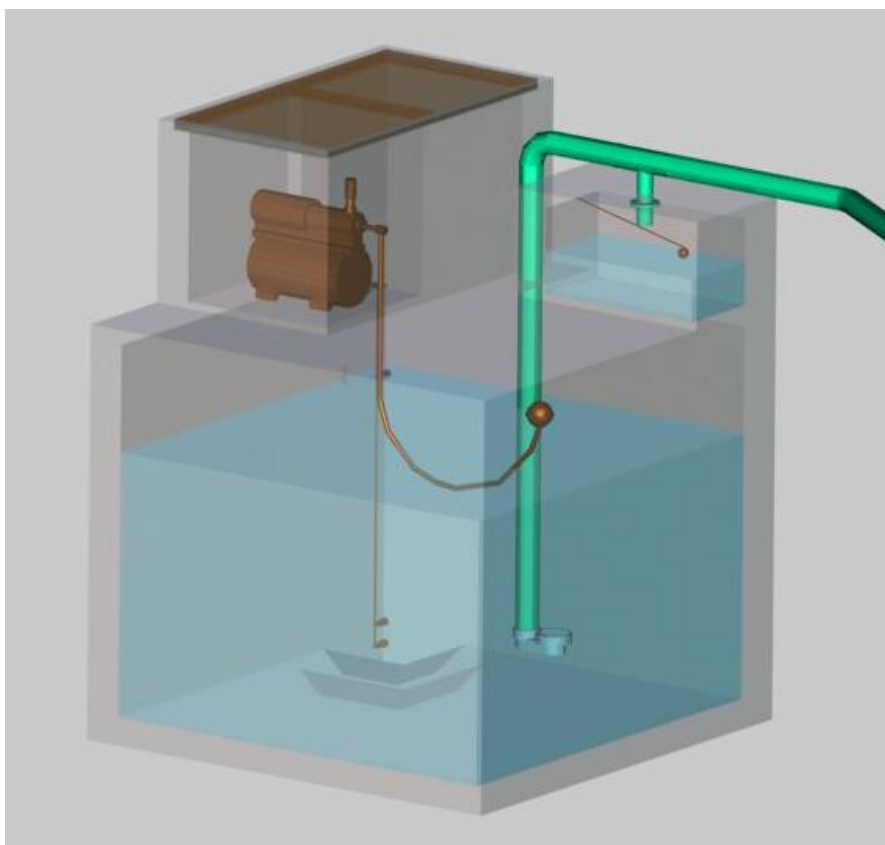


Figura 6.16- Representação tridimensional do reservatório de armazenamento de água da chuva

O reservatório é dotado de uma entrada de água da rede pública para fornecimento de água em períodos de seca.

### 6.4.3 Manutenção do reservatório

O reservatório está localizado num local facilmente acessível, deve ser limpo e arejado e nunca deve deixar-se sem tampa adequada ou sem estar devidamente protegido. Deve ser lavado pelo menos uma vez por ano da seguinte forma:

- Vazar totalmente, retirar todos os detritos e lama que eventualmente contenha;



- b) Limpar cuidadosamente as paredes, o fundo e a abertura, utilizando preferencialmente escovas destinadas apenas para esse fim;
- c) Enxaguar todo o interior e esvaziar de novo;
- d) Proceder à desinfestação do reservatório:
  - Deixar entrar água limpa até cerca de metade da sua altura;
  - Juntar hipoclorito de sódio a 14 % (encontra-se à venda em drogarias). Tendo em conta a capacidade do reservatório, deve adicionar-se por cada m<sup>3</sup> de água, 20 ml de hipoclorito;
  - Encher completamente e manter em repouso sem consumir, durante pelo menos meia hora;
  - Voltar a esvaziar, abrindo todas as torneiras de serviço e enxaguar para eliminar completamente o hipoclorito;
- e) Após esta operação o reservatório está pronto para receber água que será distribuída.

## **6.5 DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO ELEVATÓRIA**

No dimensionamento da instalação elevatória teve-se em atenção:

- a) O caudal de cálculo;
- b) A altura manométrica;
- c) O número máximo admissível de arranques por hora para o equipamento a instalar;

A instalação elevatória, constituída por um grupo electrobomba, localiza-se imediatamente acima do reservatório. É acessível para inspecção e manutenção e é dotada de dispositivos de comando, de protecção contra o choque hidráulico, de segurança e alarme e de acessórios indispensáveis ao seu funcionamento e manutenção. O grupo electrobomba é de funcionamento automático e possui características que não alteram a qualidade da água. O dispositivo de protecção é um depósito de membrana de 24 litros. Foi definido em função das envolventes de pressão máxima e mínima, resultantes da ocorrência de choque hidráulico. Os materiais e acessórios utilizados apresentam resistência adequada às pressões de serviço e às vibrações.

Como a maior parte das impurezas permanece na superfície da água ou no fundo do reservatório, o ideal é utilizar um filtro de sucção flutuante dentro do reservatório. Este componente consiste numa mangueira flexível acoplada à bomba, tendo no outro extremo instalada uma válvula anti-retorno, um pequeno filtro e um conjunto flutuante, para garantir que a água bombada seja sempre a da parte mais limpa do reservatório de armazenamento.

## **6.6 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL DO SAAP**

Com base nos projectos descritos nos pontos 6.2 a 6.5 para os cenários designados de Hipóteses 0, I e II, desenvolveu-se a medição, mapa de quantidades de trabalho e estimativa orçamental para cada um dos cenários em estudo. Os preços unitários utilizados são preços compostos e resultaram de consultas de mercado realizadas em Março de 2005.

A solução de abastecimento de água designada como “Hipótese 0” servirá de base para se estimar o custo acrescido das soluções apresentadas nos outros dois cenários denominados “Hipótese I” e “Hipótese II”.

Para se estimar o acréscimo do custo de investimento numa habitação unifamiliar onde se instala um SAAP, relativamente à mesma habitação sem SAAP, contabilizaram-se as seguintes parcelas: custo acrescido das tubagens e respectivos acessórios do sistema de abastecimento de água, custo das modificações no sistema de drenagem de águas pluviais do telhado e custo da construção civil e equipamentos do reservatório para armazenamento de água da chuva.

### **6.6.1 Sistema de abastecimento de água**

Neste ponto apresenta-se um quadro resumo com as estimativas orçamentais dos sistemas de abastecimento de água para as três hipóteses em estudo. Para facilidade de interpretação o quadro está organizado pelos seguintes itens: 1. tubagem para água fria da rede pública, 2. tubagem para água fria alimentada pelo SAAP, 3. tubagem para água quente da rede pública, 4. tubagem para água quente da água alimentada pelo SAAP e 5. equipamento.

Quadro 6.2- Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de abastecimento de água para os três cenários em estudo

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITÁRIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
1. Sistema de Abastecimento de Água - Infraestruturas Interiores à Habitação									
Compreende o fornecimento e transporte dos materiais, carga e descarga, incluindo sua aplicação e todos os trabalhos acessórios a um perfeito acabamento.									
Critério de medição: A medição da canalização será realizada em m, incluindo os acessórios dos tubos.									
1.1. Tubagem para Água Fria da Rede Pública									
1.1.1. Fornecimento e montagem de tubo em Polipropileno PN20 (PPR), abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:									
1.1.1.1.	Ø 16 mm	m	-	0,30	0,30	9,93 €	-	2,98 €	2,98 €
1.1.1.2.	Ø 25 mm	m	0,30	-	-	11,16 €	3,35 €	-	-
1.1.1.3.	Ø 32 mm	m	17,80	3,25	3,25	12,56 €	223,64 €	40,83 €	40,83 €
1.1.1.4.	Ø 40 mm	m	21,95	37,52	37,52	15,35 €	337,02 €	576,08 €	576,08 €
1.1.1.5.	Ø 50 mm	m	23,10	13,70	13,70	17,37 €	401,25 €	237,97 €	237,97 €
1.1.2. Fornecimento e montagem de tubo PEX, ou qualidade equivalente, incluindo manga azul, abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:									
1.1.2.1.	Ø 16 mm	m	24,12	18,10	18,10	8,09 €	195,02 €	146,35 €	146,35 €
1.1.2.2.	Ø 20 mm	m	7,76	6,35	6,35	8,62 €	66,89 €	54,73 €	54,73 €
1.1.2.3.	Ø 25 mm	m	5,40	3,40	3,40	9,97 €	53,82 €	33,88 €	33,88 €
Sub-total 1.1.							1.280,98 €	1.092,83 €	1.092,83 €

Quadro 6.2- Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de abastecimento de água para os três cenários em estudo (continuação)

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2		Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
1.2.1.1.	Ø 16 mm	m	-	3,30	2,20	9,93 €	-	32,76 €	21,84 €
1.2.1.2.	Ø 25 mm	m	-	5,70	-	11,16 €	-	63,61 €	-
1.2.1.3.	Ø 32 mm	m	-	19,00	19,00	12,56 €	-	238,72 €	238,72 €
1.2.1.4.	Ø 40 mm	m	-	22,10	34,45	15,35 €	-	339,32 €	528,95 €
1.2.1.5.	Ø 50 mm	m	-	-	1,00	17,37 €	-	-	17,37 €
1.2.2.	Fornecimento e montagem de tubo PEX, ou qualidade equivalente, incluindo manga azul, abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:								
1.2.2.1.	Ø 16 mm	m	-	6,10	3,60	8,09 €	-	49,32 €	29,11 €
1.2.2.2.	Ø 20 mm	m	-	1,35	1,35	8,62 €	-	11,64 €	11,64 €
1.2.2.3.	Ø 25 mm	m	-	2,00	3,15	9,97 €	-	19,93 €	31,39 €
Sub-total 1.2.							0,00 €	755,30 €	879,01 €
1.3.	Tubagem para Água Quente da Rede Pública								
1.3.1	Fornecimento e montagem de tubo em Polipropileno PN20 (PPR), incluindo isolamento térmico em borracha sintética, envolvimento em folha de alumínio e abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:								
1.3.1.1.	Ø 16 mm	m	0,20	0,20	0,20	10,13 €	2,03 €	2,03 €	2,03 €
1.3.1.2.	Ø 25 mm	m	2,30	2,30	2,30	11,57 €	26,62 €	26,62 €	26,62 €
1.3.1.3.	Ø 32 mm	m	6,60	6,60	14,30	13,22 €	87,26 €	87,26 €	189,06 €
1.3.1.4.	Ø 40 mm	m	8,70	8,70	1,00	16,50 €	143,52 €	143,52 €	16,50 €
1.3.1.5.	Ø 50 mm	m	-	-	-	-	-	-	-
1.3.2.	Fornecimento e montagem de tubo PEX, ou qualidade equivalente, incluindo manga vermelha, abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:								
1.3.2.1.	Ø 16 mm	m	18,20	18,20	18,20	8,09 €	147,16 €	147,16 €	147,16 €
1.3.2.2.	Ø 20 mm	m	4,52	4,52	1,52	8,62 €	38,96 €	38,96 €	13,10 €
1.3.2.3.	Ø 25 mm	m	3,40	3,40	-	9,97 €	33,88 €	33,88 €	-
Sub-total 1.3.							479,43 €	479,43 €	394,46 €

Quadro 6.2- Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de abastecimento de água para os três cenários em estudo (continuação)

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS			CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITARIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2		
<b>1.4. Tubagem para Água Quente alimentada pelo SAAP</b>											
1.4.1.	Fornecimento e montagem de tubo em Polipropileno PN20 (PPR), abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:										
1.4.1.1.	Ø 16 mm	m	-	-	0.20	10.13 €	-	-	-	-	2.03 €
1.4.1.2.	Ø 25 mm	m	-	-	13.70	11.57 €	-	-	-	-	158.56 €
1.4.1.3.	Ø 32 mm	m	-	-	-	13.22 €	-	-	-	-	-
1.4.1.4.	Ø 40 mm	m	-	-	6.55	16.50 €	-	-	-	-	108.06 €
1.4.1.5.	Ø 50 mm	m	-	-	-	18.86 €	-	-	-	-	-
1.4.2.	Fornecimento e montagem de tubo PEX, ou qualidade equivalente, incluindo manga azul, abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:										
1.4.2.1.	Ø 16 mm	m	-	-	2.45	8.09 €	-	-	-	-	19.81 €
1.4.2.2.	Ø 20 mm	m	-	-	3.00	8.62 €	-	-	-	-	25.86 €
1.4.2.3.	Ø 25 mm	m	-	-	2.25	9.97 €	-	-	-	-	22.42 €
<b>Sub-total 1.4.</b>						<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>336,74 €</b>			
<b>1.5. Equipamento</b>											
1.5.1.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de sectionamento aos compartimentos, incluindo colector de duas saídas de água quente da rede, três de água fria da rede, uma saída de água fria da chuva e uma de água quente da chuva, suportes para as tubagens										
		un	-	-	2	34.91 €	-	-	-	-	69.82 €
1.5.2.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de sectionamento aos compartimentos, incluindo colector de três saídas de água quente da rede, três de água fria da rede e uma saída de água fria da chuva, suportes para as tubagens e todos os acessórios necess										
		un	-	2	-	36.18 €	-	-	-	-	72.36 €

Quadro 6.2- Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de abastecimento de água para os três cenários em estudo (continuação)

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS			CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITARIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2		
1.5.3.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de sectionamento aos compartimentos, incluindo colector de três saídas de água quente da rede e quatro de água fria da rede, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários.	un	2	-	-	28,32 €	56,64 €	-	-	-	-
1.5.4.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de sectionamento aos compartimentos, incluindo colector de uma saída de água quente da rede e duas de água fria da rede, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários.	un	2	1	1	20,57 €	41,14 €	20,57 €	20,57 €	20,57 €	20,57 €
1.5.5.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de sectionamento aos compartimentos, incluindo colector de uma saída de água quente da rede, uma de água fria da rede e uma saída de água fria da chuva, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários	un	-	1	1	27,46 €	-	27,46 €	-	27,46 €	27,46 €
1.5.6.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de sectionamento aos compartimentos, incluindo colector de três saídas de água quente da rede, quatro de água fria da rede, uma saída de água fria da chuva e uma de água quente da chuva, suportes para as tubage	un	-	-	1	38,30 €	-	-	-	-	38,30 €
1.5.7.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de sectionamento aos compartimentos, incluindo colector de quatro saídas de água quente da rede e cinco de água fria da rede, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários.	un	1	-	-	33,59 €	33,59 €	-	-	-	-
1.5.8.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de sectionamento aos compartimentos, incluindo colector de quatro saídas de água quente da rede, quatro de água fria da rede e uma saída de água fria da chuva, suportes para as tubagens e todos os acessórios ne	un	-	1	-	39,43 €	-	39,43 €	-	-	-
1.5.9.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de sectionamento aos compartimentos, incluindo colector de duas saídas de água fria da rede/chuva, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários.	un	1	1	1	20,57 €	20,57 €	20,57 €	20,57 €	20,57 €	20,57 €

Quadro 6.2- Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de abastecimento de água para os três cenários em estudo (continuação)

ARTIGO	DESCRÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS			CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITARIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
1.5.10.	Fornecimento e montagem de válvulas de seccionamento em latão, incluindo acessórios de compressão:										
1.5.10.1.	Ø 15 mm	un	1	6	7	5,67 €	5,67 €	34,00 €	39,66 €		
1.5.10.2.	Ø 18 mm	un	2	1	3	6,72 €	13,45 €	6,72 €	20,17 €		
1.5.10.3.	Ø 22 mm	un	8	9	9	7,17 €	57,38 €	64,55 €	64,55 €		
1.5.10.4.	Ø 28 mm	un	1	2	2	7,62 €	7,62 €	15,24 €	15,24 €		
1.5.10.5.	Ø 35 mm	un	-	-	-	8,12 €	-	-	-		
1.5.10.5.1.	Fornecimento e montagem de termoacumulador eléctrico de 80 litros e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento.	un	-	-	1	125,00 €	-	-	125,00 €		
Sub-total 1.5.							236,06 €	300,91 €	441,35 €		
Total							1.996,46 €	2.628,47 €	3.144,39 €		

### **6.6.2 Drenagem da água do telhado e reservatório em betão armado para armazenamento da água da chuva**

Neste ponto apresenta-se um quadro resumo com o excedente da estimativa orçamental do sistema de drenagem da água pluvial do telhado da habitação e com a estimativa orçamental do reservatório em betão armado para as três hipóteses em estudo. Por facilidade de interpretação o quadro está organizado pelos seguintes itens: A. construção civil e B. equipamentos electromecânicos e eléctricos.



Quadro 6.3– Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de drenagem e reservatório para os três cenários em estudo

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS			
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2		UNITÁRIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
2. Drenagem da água do telhado e Reservatório em Betão Armado para o Aproveitamento da Água da Chuva										
Parte A - Construção Civil										
2.1 Movimento de terras										
Critério de medição : As escavações dos edifícios/obras foram feitas a partir da cota após decapagem.										
2.1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações para implantação de órgãos, incluindo eventuais operações de baldeação e remoção para os terrenos adjacentes e/ou depósito provisório, entivação, drenagem do fundo e/ou rebaixamento do nível freático quando ne	m³	-	13,50	13,50	8,50 €	-	114,75 €	114,75 €	
2.1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação, incluindo a remoção dos produtos para aterro, espalhamento, rega, compactação, todos os trabalhos e materiais necessários, conforme peças desenhadas.	m³	-	2,543	2,543	3,75 €	-	9,54 €	9,54 €	
2.1.3	Carga, transporte e descarga a vazadouro de produtos sobranes da escavação (não foi considerado empolamento).	m³	-	10,96	10,96	3,30 €	-	36,16 €	36,16 €	
Sub-total 2.1							0,00 €	160,45 €	160,45 €	
2.2. Betão Armado										
2.2.1	Fornecimento e execução de betão armado, betão C12/15, classe 2a (B16.3), em camada de regularização, armaduras em aço A400 NR, incluindo o fornecimento, dobragens, armações, ligações, emendas, carga, transporte, descarga e colocação todos os trabalhos ac	m³	-	2,80	2,80	250,00 €	-	698,89 €	698,89 €	
Sub-total 2.2.							0,00 €	698,89 €	698,89 €	

Quadro 6.3- Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de drenagem e reservatório para os três cenários em estudo (continuação)

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITÁRIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
2.3. Pinturas									
2.3.1	Pintura das superfícies interiores do reservatório em contato com a água com "SIKATOP SEAL 107", ou qualidade equivalente, aplicada em 2 demãos, incluindo fornecimento, transporte e aplicação.	m²	-	24,57	24,57	4,64 €	-	114,00 €	114,00 €
2.3.2	Pintura das superfícies de cobertura do reservatório com IGOLATEX, ou qualidade equivalente, aplicada em 2 demãos, incluindo fornecimento, transporte e aplicação.	m²	-	27,87	27,87	8,72 €	-	242,92 €	242,92 €
Sub-total 2.3.							0,00 €	356,93 €	356,93 €
2.4. Serralharias									
2.4.1	Tampas e aro em ferro fundido, classe B125, incluindo argamassa de selagem ao traço 1:2, fornecimentos e colocação, com as seguintes dimensões:								
2.4.1.1	650x750;	un	-	1	1	65,00 €	-	65,00 €	65,00 €
2.4.1.2	750x750;	un	-	1	1	90,00 €	-	90,00 €	90,00 €
Sub-total 2.4.							155,00 €	155,00 €	155,00 €
Sub-Total A.							0,00 €	1.371,27 €	1.371,27 €

Quadro 6.3- Resumo das estimativas orçamentais dos sistemas de drenagem e reservatório para os três cenários em estudo (continuação)

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2		Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
Parte B - Equipamento Electromecânico e Eléctrico									
2.5. Equipamento de bombagem									
2.2.1	Grupo electrobomba centrífugo, horizontal multicelular, com depósito de membrana de 24 Lt, incluindo todos os acessórios necessários à sua instalação e funcionamento.	cj	-	1	1	250,00 €	-	250,00 €	250,00 €
Sub-total 2.5						0,00 €	250,00 €	250,00 €	
2.6. Tubagens, válvulas e acessórios									
2.6.1 Rede de Drenagem									
2.6.1.1.	Troço de tubagem em PVC PN0,4 DN110	m	-	19,90	19,90	5,68 €	-	113,03 €	113,03 €
2.6.1.2.	Filtro do tipo "3PRainus da 3PTechnik" ou equivalente, a instalar no tubo de queda DN80	Un	-	1	1	85,00 €	-	85,00 €	85,00 €
2.6.2 Equipamento do Reservatório									
2.6.2.1	Tê em PVC PN0,4 DN110*75	Un	-	1	1	13,32 €	-	13,32 €	13,32 €
2.6.2.2	Curva em PVC PN0,4 DN110	Un	-	1	1	2,74 €	-	2,74 €	2,74 €
2.6.2.3	Troço de tubagem em PVC PN0,4 DN110, incluindo passa-muros de duas flanges com anel de ancoragem e filtro com malha em Aço Inox	m	-	1,10	1,10	5,68 €	-	6,25 €	6,25 €
2.6.2.4	Troço de tubagem em PVC PN0,4 DN110, incluindo passa-muros de duas flanges com anel de ancoragem	m	-	2	2	5,68 €	-	11,70 €	11,70 €
2.6.2.5	Troço de tubagem em PVC PN0,4 DN75, incluindo passa-muros de duas flanges com anel de ancoragem	m	-	0,30	0,30	3,59 €	-	1,08 €	1,08 €
2.6.2.6	"Amortecedor" de água do tipo "3PCalmet da 3PTechnik" ou equivalente	Un	-	1	1	39,00 €	-	39,00 €	39,00 €
2.6.2.7	Bóia automática de nível	Un	-	1	1	19,45 €	-	19,45 €	19,45 €
2.6.2.8	Conjunto flutuante de sucção do tipo "3PTechnik" ou equivalente	Un	-	1	1	15,00 €	-	15,00 €	15,00 €



### 6.6.3 Resumo

Neste ponto apresenta-se um quadro resumo global com as estimativas orçamentais dos sistemas de abastecimento de água, do excedente do sistema de drenagem da água pluvial do telhado da habitação e do reservatório em betão armado para o aproveitamento da água da chuva para as três hipóteses em estudo.

**Quadro 6.4- Resumo das estimativas orçamentais globais para os três cenários em estudo**

DESCRIÇÃO	CUSTOS TOTAIS		
	HIPÓTESE 0	HIPÓTESE I	HIPÓTESE II
<b>1. Sistema de Abastecimento de Água - Infraestruturas Interiores à Habitação</b>			
	1.996,46 €	2.628,47 €	3.144,39 €
<b>2. Drenagem da água do telhado e Reservatório em Betão Armado para o Aproveitamento da Água da Chuva</b>			
Parte A - Construção Civil	0,00 €	1.371,27 €	1.371,27 €
Parte B - Equipamento Electromecânico e Eléctrico	0,00 €	937,11 €	937,11 €
<b>Custo Total</b>	<b>1.996,46 €</b>	<b>4.936,84 €</b>	<b>5.452,76 €</b>
<b>Excedente no custo da solução relativamente à "Hipótese 0"</b>			
	-	2.940,37 €	3.456,29 €

Da análise do Quadro 6.4 verifica-se que:

- No cenário em que a água da chuva abastece a rede de serviço, os autoclismos, a máquina e o tanque de lavar roupa (Hipótese I) a obra excede em cerca de 3000 € o cenário em que não há aproveitamento de água da chuva (Hipótese 0);
- No cenário em que a água da chuva é utilizada para consumo não potável incluindo banhos (Hipótese II) a obra excede em cerca de 3500 € o cenário em que não há aproveitamento de água da chuva (Hipótese 0);
- O custo da construção civil do reservatório de 6 m<sup>3</sup> obtido com base na estimativa orçamental detalhada apresentada no ponto 6.6.2 é muito semelhante ao obtido através da expressão:

$$C = 428 \times V^{\frac{2}{3}} \text{ (com } V \text{ em } m^3 \text{ e } C \text{ em Euros)}$$

desenvolvida por Neves [2004] e apresentada no ponto 4.4.6 (custo dos reservatórios), tendo-se obtido a partir desta expressão 1413,22 Euros e no quadro apresentado 1371,27 Euros.

No ponto 6.9 (análise económica de SAAP's), considerou-se a estimativa do custo da construção civil dos reservatórios de betão armado construídos *in situ* calculada com base na expressão desenvolvida por Neves [2004].

## **6.7 RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DE SAAP's COM RESERVATÓRIOS COM CAPACIDADE CRESCENTE PARA DOIS CENÁRIOS**

Neste ponto apresentam-se, para os dois cenários em que se beneficia da água da chuva (Hipóteses I e II), os resultados de simulações de SAAP's com reservatórios com capacidades crescentes, desde os 200 litros até ao 10 000 litros, para diferentes casos práticos: uma habitação unifamiliar, duas habitações unifamiliares geminadas e um conjunto de quatro habitações unifamiliares geminadas.

Os quadros de resultados e gráficos que se apresentam nos pontos 6.7.1 e 6.7.2 pretendem ilustrar as duas grandes vantagens do aproveitamento da água da chuva:

- a) Redução significativa do consumo de água da rede pública;
- b) Diminuição do volume de água que se descarrega no sistema de drenagem pluvial municipal.

### **6.7.1 Benefícios no consumo de água da rede pública**

Neste ponto pretende-se expor em que medida o aproveitamento da água da chuva influi na redução do consumo de água da rede pública. Apresenta-se um quadro resumo e um gráfico com os resultados de simulações realizadas com a ferramenta de cálculo "SAAP-EPB", descrita no ponto 5.3, obtidos para os dois cenários (Hipótese I e Hipótese II) descritos no ponto 6.2.1.

Quadro 6.5- Hipótese I - Efeitos no consumo de água da rede - Resumo dos resultados obtidos

Cap. Reservatório (m³)	HIPÓTESE 1 - UMA HABITAÇÃO			HIPÓTESE 1 - DUAS HABITAÇÕES			HIPÓTESE 1 - QUATRO HABITAÇÕES		
	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Vol. Água Anual Rede Pública (m³)	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Vol. Água Anual Rede Pública (m³)	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Vol. Água Anual Rede Pública (m³)
0,20	28%	17,23	43,35	16%	19,42	101,73	8%	20,47	221,83
0,40	39%	23,39	37,19	28%	34,46	86,69	16%	38,85	203,46
0,60	46%	27,71	32,86	34%	41,21	79,95	23%	56,09	186,21
0,80	51%	30,93	29,65	39%	46,78	74,37	28%	68,92	173,39
1,00	55%	33,49	27,09	42%	51,44	69,72	31%	75,94	166,36
1,20	59%	35,63	24,94	46%	55,43	65,73	34%	82,41	159,89
1,40	62%	37,43	23,14	49%	58,92	62,23	36%	88,44	153,86
1,60	64%	38,93	21,65	51%	61,86	59,29	39%	93,56	148,74
1,80	66%	40,14	20,43	53%	64,55	56,60	41%	98,30	144,00
2,00	68%	41,24	19,33	55%	66,98	54,17	42%	102,87	139,43
2,20	70%	42,18	18,39	57%	69,22	51,93	44%	107,12	135,18
2,40	71%	43,03	17,55	59%	71,27	49,88	46%	110,85	131,45
2,60	72%	43,83	16,74	60%	73,16	48,00	47%	114,45	127,85
2,80	74%	44,60	15,97	62%	74,86	46,29	49%	117,85	124,46
3,00	75%	45,31	15,26	63%	76,43	44,72	50%	120,92	121,39
3,20	76%	45,97	14,61	64%	77,86	43,29	51%	123,72	118,58
3,40	77%	46,55	14,02	65%	79,10	42,05	52%	126,45	115,86
3,60	78%	47,08	13,49	66%	80,29	40,87	53%	129,11	113,20
3,80	79%	47,60	12,97	67%	81,41	39,75	54%	131,60	110,70
4,00	79%	48,09	12,48	68%	82,48	38,67	55%	133,96	108,34
4,20	80%	48,54	12,04	69%	83,46	37,69	56%	136,24	106,07
4,40	81%	48,96	11,62	70%	84,37	36,79	57%	138,45	103,86
4,60	82%	49,38	11,20	70%	85,23	35,93	58%	140,53	101,78
4,80	82%	49,78	10,79	71%	86,06	35,09	59%	142,54	99,77
5,00	83%	50,18	10,39	72%	86,88	34,27	60%	144,51	97,79

Quadro 6.5- Hipótese I - Efeitos no consumo de água da rede - Resumo dos resultados obtidos (continuação)

Cap. Reservatório (m³)	HIPÓTESE 1 - UMA HABITAÇÃO			HIPÓTESE 1 - DUAS HABITAÇÕES			HIPÓTESE 1 - QUATRO HABITAÇÕES		
	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Vol. Água Anual Rede Pública (m³)	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Vol. Água Anual Rede Pública (m³)	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Vol. Água Anual Rede Pública (m³)
5,20	83%	50,58	10,00	72%	87,67	33,48	60%	146,31	95,99
5,40	84%	50,96	9,62	73%	88,45	32,70	61%	148,04	94,26
5,60	85%	51,31	9,26	74%	89,20	31,95	62%	149,73	92,58
5,80	85%	51,65	8,92	74%	89,94	31,22	62%	151,36	90,95
6,00	86%	51,97	8,61	75%	90,63	30,53	63%	152,86	89,44
6,20	86%	52,27	8,31	75%	91,30	29,85	64%	154,30	88,00
6,40	87%	52,57	8,01	76%	91,94	29,21	64%	155,72	86,58
6,60	87%	52,87	7,71	76%	92,54	28,61	65%	157,01	85,30
6,80	88%	53,13	7,45	77%	93,11	28,04	65%	158,21	84,10
7,00	88%	53,39	7,19	77%	93,64	27,51	66%	159,40	82,91
7,20	89%	53,65	6,93	78%	94,16	26,99	66%	160,57	81,73
7,40	89%	53,91	6,67	78%	94,68	26,47	67%	161,70	80,61
7,60	89%	54,16	6,41	79%	95,20	25,95	67%	162,81	79,49
7,80	90%	54,40	6,17	79%	95,70	25,45	68%	163,91	78,39
8,00	90%	54,64	5,93	79%	96,18	24,97	68%	164,96	77,34
8,20	91%	54,88	5,69	80%	96,64	24,52	68%	165,97	76,33
8,40	91%	55,12	5,45	80%	97,07	24,08	69%	166,92	75,38
8,60	91%	55,36	5,21	80%	97,49	23,66	69%	167,84	74,46
8,80	92%	55,60	4,97	81%	97,91	23,24	70%	168,73	73,57
9,00	92%	55,84	4,73	81%	98,33	22,82	70%	169,59	72,71
9,20	93%	56,08	4,49	82%	98,75	22,40	70%	170,45	71,85
9,40	93%	56,32	4,25	82%	99,17	21,99	71%	171,29	71,01
9,60	93%	56,56	4,01	82%	99,57	21,59	71%	172,12	70,18
9,80	94%	56,79	3,79	83%	99,97	21,19	71%	172,94	69,36
10,00	94%	57,01	3,57	83%	100,37	20,79	72%	173,76	68,55



### Eficiência do SAAP em função da capacidade do reservatório

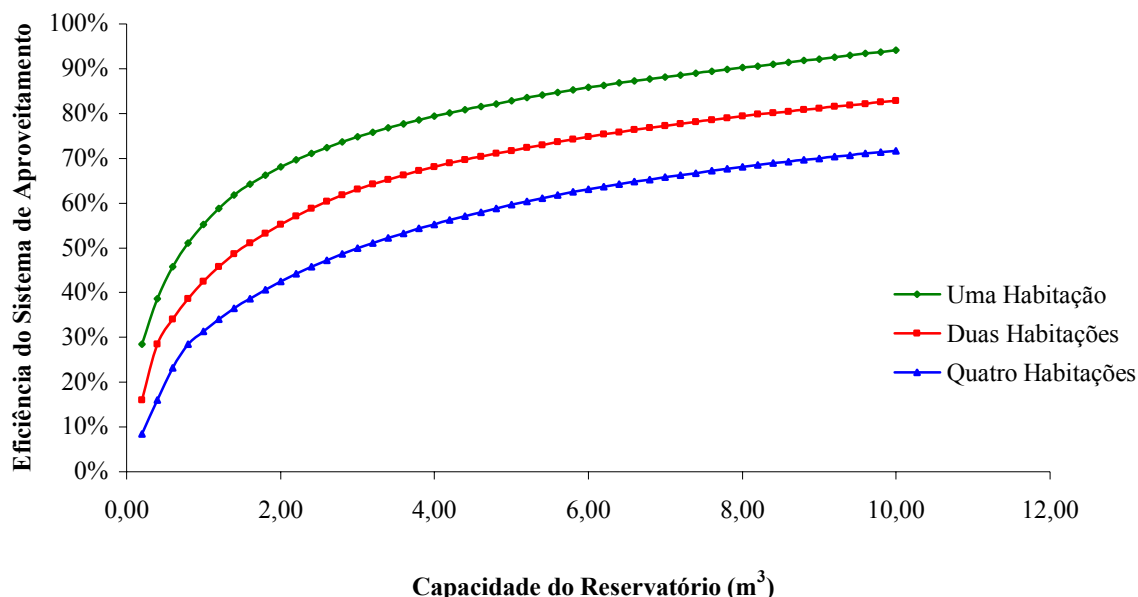


Figura 6.17- Hipótese I- Eficiência do SAAP em função da capacidade do reservatório

Analisando os resultados obtidos no cenário denominado “Hipótese I” verifica-se que por exemplo com um reservatório de 6 m³ de capacidade útil consegue-se uma eficiência do sistema de aproveitamento de 86 % para uma habitação unifamiliar, 75 % para duas habitações unifamiliares geminadas e de 63 % para um conjunto de quatro habitações unifamiliares geminadas. Como seria de esperar, verifica-se que para a mesma capacidade útil de reservatório, à medida que o número de habitações aumenta, a eficiência do sistema de aproveitamento diminui.

Neste exemplo dizer que a eficiência do sistema de aproveitamento é de 86% para uma habitação unifamiliar significa que dos 61 m³/ano de água gasta pelas quatro pessoas para consumo não potável (utilizada na rede de serviço, nos autoclismos, na máquina de lavar roupa e no tanque de lavar roupa), 52 m³/ano são aproveitados da água da chuva e só 9 m³/ano são gastos da rede pública.

Quadro 6.6- Hipótese II - Efeitos no consumo de água da rede - Resumo dos resultados obtidos

Cap. Reservatório (m³)	HIPÓTESE 2 - UMA HABITAÇÃO			HIPÓTESE 2 - DUAS HABITAÇÕES			HIPÓTESE 2 - QUATRO HABITAÇÕES		
	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Rede Pública (m³)	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Rede Pública (m³)	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Rede Pública (m³)
0,20	21%	18,08	69,05	11%	19,42	154,85	6%	20,47	328,07
0,40	31%	27,33	59,80	21%	36,17	138,10	11%	38,85	309,70
0,60	37%	32,66	54,48	28%	48,18	126,09	16%	56,09	292,45
0,80	42%	36,79	50,35	31%	54,67	119,61	21%	72,34	276,21
1,00	46%	39,93	47,21	35%	60,48	113,79	25%	87,78	260,77
1,20	49%	42,56	44,58	37%	65,31	108,96	28%	96,36	252,18
1,40	52%	44,88	42,26	40%	69,67	104,60	30%	103,01	245,53
1,60	54%	46,91	40,23	42%	73,58	100,69	31%	109,33	239,21
1,80	56%	48,64	38,49	44%	76,84	97,43	33%	115,33	233,22
2,00	58%	50,11	37,02	46%	79,86	94,41	35%	120,96	227,59
2,20	59%	51,40	35,74	47%	82,60	91,68	36%	125,97	222,57
2,40	60%	52,53	34,60	49%	85,12	89,15	37%	130,63	217,91
2,60	61%	53,51	33,62	50%	87,50	86,77	39%	135,08	213,46
2,80	62%	54,44	32,70	52%	89,76	84,51	40%	139,33	209,21
3,00	63%	55,29	31,85	53%	91,89	82,38	41%	143,42	205,13
3,20	64%	56,08	31,06	54%	93,82	80,46	42%	147,16	201,39
3,40	65%	56,82	30,32	55%	95,59	78,68	43%	150,48	198,07
3,60	66%	57,51	29,62	56%	97,29	76,99	44%	153,68	194,86
3,80	67%	58,18	28,96	57%	98,80	75,47	45%	156,79	191,75
4,00	67%	58,80	28,33	58%	100,23	74,05	46%	159,72	188,82
4,20	68%	59,36	27,77	58%	101,58	72,69	47%	162,55	186,00
4,40	69%	59,92	27,21	59%	102,80	71,47	47%	165,19	183,35
4,60	69%	60,47	26,67	60%	103,97	70,30	48%	167,74	180,80
4,80	70%	60,97	26,17	60%	105,06	69,21	49%	170,23	178,31
5,00	71%	61,47	25,67	61%	106,06	68,21	50%	172,65	175,90

Quadro 6.6- Hipótese II - Efeitos no consumo de água da rede - Resumo dos resultados obtidos (continuação)

Cap. Reservatório (m³)	HIPÓTESE 2 - UMA HABITAÇÃO			HIPÓTESE 2 - DUAS HABITAÇÕES			HIPÓTESE 2 - QUATRO HABITAÇÕES		
	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Vol. Água Anual Rede Pública (m³)	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Vol. Água Anual Rede Pública (m³)	Eficiência do Sistema de Aproveitamento	Vol. Água Anual Aproveitado (m³)	Vol. Água Anual Rede Pública (m³)
5,20	71%	61,97	25,17	61%	107,03	67,25	50%	175,01	173,54
5,40	72%	62,47	24,67	62%	107,96	66,31	51%	177,28	171,26
5,60	72%	62,96	24,17	62%	108,87	65,40	52%	179,52	169,02
5,80	73%	63,40	23,73	63%	109,75	64,52	52%	181,71	166,83
6,00	73%	63,82	23,31	63%	110,58	63,69	53%	183,78	164,76
6,20	74%	64,24	22,89	64%	111,38	62,89	53%	185,77	162,78
6,40	74%	64,66	22,48	64%	112,16	62,11	54%	187,63	160,91
6,60	75%	65,06	22,08	65%	112,90	61,37	54%	189,44	159,11
6,80	75%	65,46	21,68	65%	113,64	60,63	55%	191,19	157,36
7,00	76%	65,86	21,28	66%	114,34	59,93	55%	192,91	155,63
7,20	76%	66,25	20,89	66%	115,02	59,25	56%	194,57	153,97
7,40	76%	66,63	20,51	66%	115,69	58,58	56%	196,12	152,42
7,60	77%	66,99	20,15	67%	116,35	57,92	57%	197,61	150,94
7,80	77%	67,35	19,79	67%	116,99	57,28	57%	199,03	149,51
8,00	78%	67,69	19,44	67%	117,60	56,67	58%	200,45	148,09
8,20	78%	68,01	19,12	68%	118,17	56,10	58%	201,86	146,68
8,40	78%	68,33	18,80	68%	118,73	55,54	58%	203,17	145,38
8,60	79%	68,64	18,50	68%	119,29	54,98	59%	204,40	144,15
8,80	79%	68,94	18,20	69%	119,85	54,42	59%	205,60	142,95
9,00	79%	69,24	17,90	69%	120,39	53,88	59%	206,78	141,77
9,20	80%	69,54	17,60	69%	120,93	53,34	60%	207,95	140,60
9,40	80%	69,84	17,30	70%	121,43	52,84	60%	209,08	139,46
9,60	80%	70,14	17,00	70%	121,93	52,34	60%	210,13	138,42
9,80	81%	70,44	16,70	70%	122,43	51,84	61%	211,13	137,41
10,00	81%	70,73	16,41	71%	122,93	51,34	61%	212,12	136,42

### Eficiência do SAAP em função da capacidade do reservatório

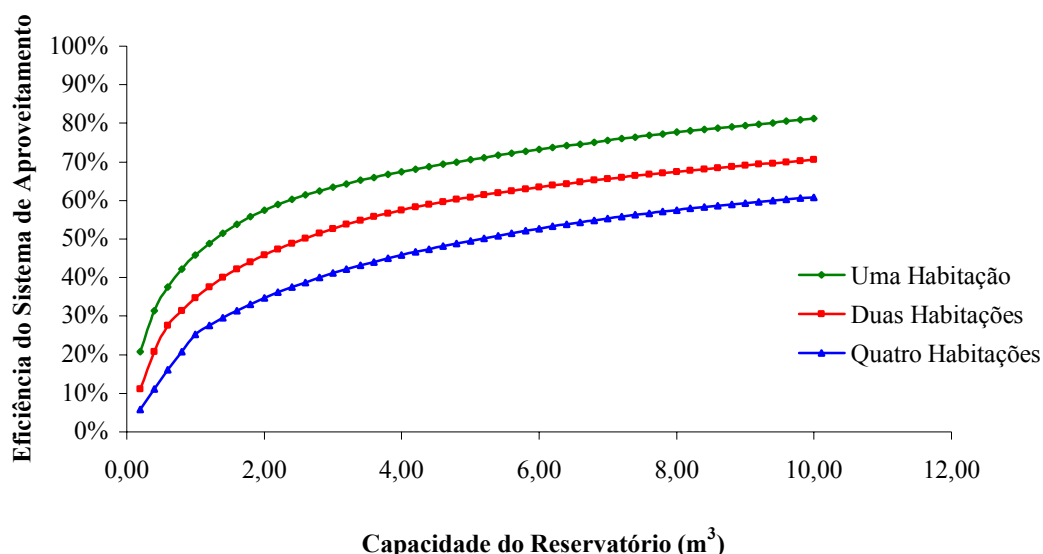


Figura 6.18- Hipótese II- Eficiência do SAAP em função da capacidade do reservatório

Analisando os resultados obtidos no cenário denominado “Hipótese II” verifica-se que por exemplo com o mesmo reservatório de 6 m³ de capacidade útil consegue-se uma eficiência do sistema de aproveitamento de 73 % para uma habitação unifamiliar, 63 % para duas habitações unifamiliares geminadas e de 53 % para um conjunto de quatro habitações unifamiliares geminadas.

Neste exemplo dizer que a eficiência do sistema de aproveitamento é de 73% para uma habitação unifamiliar significa que dos 87 m³/ano de água gasta pelas quatro pessoas para consumo não potável incluindo água quente para banhos (utilizada na rede de serviço, autoclismos, na máquina e o tanque de lavar roupa e banhos), 64 m³/ano são aproveitados da água da chuva e 23 m³/ano são gastos da rede pública.

#### 6.7.2 Benefícios no sistema de drenagem municipal

Neste ponto pretende-se expor em que medida o aproveitamento da água da chuva conduz à diminuição do volume de água que se descarrega no sistema de drenagem pluvial municipal. Apresenta-se um quadro resumo e um gráfico com os resultados obtidos para os dois cenários (Hipótese I e Hipótese II) descritos no ponto 6.2.1.

Quadro 6.8- Hipótese I – Efeitos no sistema de drenagem municipal – Resumo dos resultados obtidos

Cap. Reservatório (m <sup>3</sup> )	HIPÓTESE 1 - UMA HABITAÇÃO		HIPÓTESE 1 - DUAS HABITAÇÕES		HIPÓTESE 1 - QUATRO HABITAÇÕES	
	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )
0,20	13%	114,48	7%	244,00	4%	506,37
0,40	18%	108,32	13%	228,96	7%	487,99
0,60	21%	104,00	16%	222,21	11%	470,75
0,80	23%	100,78	18%	216,64	13%	457,93
1,00	25%	98,22	20%	211,98	14%	450,90
1,20	27%	96,08	21%	207,99	16%	444,43
1,40	28%	94,28	22%	204,50	17%	438,40
1,60	30%	92,78	23%	201,56	18%	433,28
1,80	30%	91,57	25%	198,87	19%	428,54
2,00	31%	90,47	25%	196,44	20%	423,97
2,20	32%	89,53	26%	194,20	20%	419,72
2,40	33%	88,68	27%	192,15	21%	415,99
2,60	33%	87,88	28%	190,26	22%	412,39
2,80	34%	87,11	28%	188,56	22%	408,99
3,00	34%	86,40	29%	186,99	23%	405,93
3,20	35%	85,74	30%	185,56	23%	403,12
3,40	35%	85,16	30%	184,32	24%	400,40
3,60	36%	84,63	30%	183,13	25%	397,73
3,80	36%	84,11	31%	182,02	25%	395,24
4,00	37%	83,62	31%	180,94	25%	392,88
4,20	37%	83,17	32%	179,96	26%	390,60
4,40	37%	82,75	32%	179,05	26%	388,40
4,60	37%	82,33	32%	178,19	27%	386,31
4,80	38%	81,93	33%	177,36	27%	384,30
5,00	38%	81,53	33%	176,54	27%	382,33

Quadro 6.9- Hipótese I – Efeitos no sistema de drenagem municipal – Resumo dos resultados obtidos (continuação)

Cap. Reservatório (m <sup>3</sup> )	HIPÓTESE 1 - UMA HABITAÇÃO		HIPÓTESE 1 - DUAS HABITAÇÕES		HIPÓTESE 1 - QUATRO HABITAÇÕES	
	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )
5,20	38%	81,13	33%	175,75	28%	380,53
5,40	39%	80,75	34%	174,97	28%	378,80
5,60	39%	80,40	34%	174,22	28%	377,11
5,80	39%	80,06	34%	173,48	29%	375,48
6,00	39%	79,74	34%	172,79	29%	373,98
6,20	40%	79,44	35%	172,12	29%	372,54
6,40	40%	79,14	35%	171,48	30%	371,12
6,60	40%	78,84	35%	170,88	30%	369,83
6,80	40%	78,58	35%	170,31	30%	368,63
7,00	41%	78,32	36%	169,78	30%	367,44
7,20	41%	78,06	36%	169,26	30%	366,27
7,40	41%	77,80	36%	168,74	31%	365,15
7,60	41%	77,55	36%	168,22	31%	364,03
7,80	41%	77,31	36%	167,72	31%	362,93
8,00	41%	77,07	37%	167,24	31%	361,88
8,20	42%	76,83	37%	166,78	32%	360,87
8,40	42%	76,59	37%	166,35	32%	359,92
8,60	42%	76,35	37%	165,93	32%	359,00
8,80	42%	76,11	37%	165,51	32%	358,11
9,00	42%	75,87	37%	165,09	32%	357,25
9,20	43%	75,63	37%	164,67	32%	356,39
9,40	43%	75,39	38%	164,25	33%	355,55
9,60	43%	75,15	38%	163,85	33%	354,72
9,80	43%	74,92	38%	163,45	33%	353,90
10,00	43%	74,70	38%	163,05	33%	353,08

### Grau de aproveitamento do SAAP em função da capacidade do reservatório

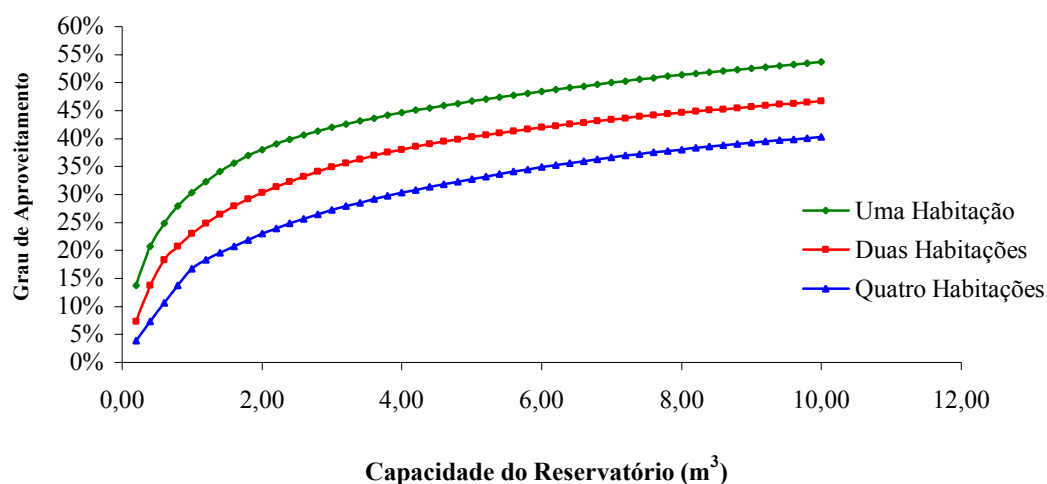


Figura 6.19- Hipótese I- Grau de Aproveitamento em função da capacidade do reservatório

Com o reservatório de 6 m³ de capacidade útil, no cenário “Hipótese I” consegue-se um grau de aproveitamento de 39 % para uma habitação unifamiliar, 34 % para duas habitações unifamiliares geminadas e de 29 % para um conjunto de quatro habitações unifamiliares geminadas. Como seria de esperar, verifica-se que para a mesma capacidade útil de reservatório, à medida que o número de habitações aumenta, o grau do aproveitamento diminui, uma vez que a área de recolha aumenta).

Neste exemplo dizer que o grau do aproveitamento é de 39% para uma habitação unifamiliar significa que dos 132 m³/ano de água que cai na cobertura da habitação, 52 m³/ano são aproveitados pelas quatro pessoas para consumo não potável e 80 m³/ano são descarregados no sistema de drenagem pluvial municipal.

Quadro 6.8- Hipótese II - Efeitos no sistema de drenagem municipal - Resumo dos resultados obtidos

Cap. Reservatório (m <sup>3</sup> )	HIPÓTESE 2 - UMA HABITAÇÃO		HIPÓTESE 2 - DUAS HABITAÇÕES		HIPÓTESE 2 - QUATRO HABITAÇÕES	
	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )
0,20	14%	113,63	7%	244,00	4%	506,37
0,40	21%	104,38	14%	227,25	7%	487,99
0,60	25%	99,05	18%	215,24	11%	470,75
0,80	28%	94,92	21%	208,75	14%	454,50
1,00	30%	91,78	23%	202,94	17%	439,06
1,20	32%	89,15	25%	198,11	18%	430,48
1,40	34%	86,83	26%	193,75	20%	423,83
1,60	36%	84,80	28%	189,84	21%	417,51
1,80	37%	83,07	29%	186,58	22%	411,51
2,00	38%	81,60	30%	183,56	23%	405,88
2,20	39%	80,31	31%	180,83	24%	400,87
2,40	40%	79,18	32%	178,30	25%	396,21
2,60	41%	78,20	33%	175,92	26%	391,76
2,80	41%	77,27	34%	173,66	26%	387,51
3,00	42%	76,42	35%	171,53	27%	383,42
3,20	43%	75,63	36%	169,60	28%	379,69
3,40	43%	74,89	36%	167,83	29%	376,37
3,60	44%	74,20	37%	166,13	29%	373,16
3,80	44%	73,53	38%	164,62	30%	370,05
4,00	45%	72,91	38%	163,20	30%	367,12
4,20	45%	72,35	39%	161,84	31%	364,29
4,40	45%	71,79	39%	160,62	31%	361,65
4,60	46%	71,24	39%	159,45	32%	359,10
4,80	46%	70,74	40%	158,36	32%	356,61
5,00	47%	70,24	40%	157,36	33%	354,20



Quadro 6.8- Hipótese II - Efeitos no sistema de drenagem municipal - Resumo dos resultados obtidos (continuação)

Cap. Reservatório (m <sup>3</sup> )	HIPÓTESE 2 - UMA HABITAÇÃO		HIPÓTESE 2 - DUAS HABITAÇÕES		HIPÓTESE 2 - QUATRO HABITAÇÕES	
	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )	Grau de Aproveitamento	Vol. Água Anual Desperdiçada (m <sup>3</sup> )
5,20	47%	69,74	41%	156,40	33%	351,84
5,40	47%	69,24	41%	155,46	34%	349,56
5,60	48%	68,75	41%	154,55	34%	347,32
5,80	48%	68,31	42%	153,67	34%	345,13
6,00	48%	67,89	42%	152,84	35%	343,06
6,20	49%	67,47	42%	152,04	35%	341,07
6,40	49%	67,05	43%	151,26	36%	339,21
6,60	49%	66,65	43%	150,52	36%	337,40
6,80	50%	66,25	43%	149,78	36%	335,65
7,00	50%	65,85	43%	149,08	37%	333,93
7,20	50%	65,46	44%	148,40	37%	332,27
7,40	51%	65,08	44%	147,73	37%	330,72
7,60	51%	64,72	44%	147,07	38%	329,23
7,80	51%	64,36	44%	146,43	38%	327,81
8,00	51%	64,02	45%	145,82	38%	326,39
8,20	52%	63,70	45%	145,25	38%	324,98
8,40	52%	63,38	45%	144,69	39%	323,67
8,60	52%	63,07	45%	144,13	39%	322,44
8,80	52%	62,77	45%	143,57	39%	321,25
9,00	53%	62,47	46%	143,03	39%	320,07
9,20	53%	62,17	46%	142,49	39%	318,89
9,40	53%	61,87	46%	141,99	40%	317,76
9,60	53%	61,57	46%	141,49	40%	316,71
9,80	53%	61,27	46%	140,99	40%	315,71
10,00	54%	60,98	47%	140,49	40%	314,72

### Grau de aproveitamento do SAAP em função da capacidade do reservatório

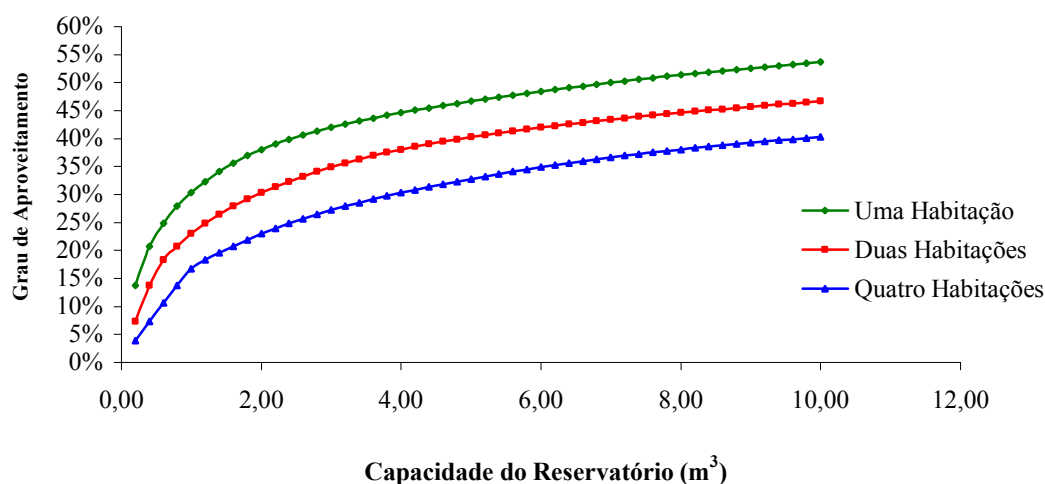


Figura 6.20- Hipótese II- Grau do Aproveitamento em função da capacidade do reservatório

Com o reservatório de 6 m³ de capacidade útil, no cenário “Hipótese II” consegue-se um grau de aproveitamento de 48 % para uma habitação unifamiliar, 42 % para duas habitações unifamiliares geminadas e de 35 % para um conjunto de quatro habitações unifamiliares geminadas. Novamente e como seria de esperar, verifica-se que para a mesma capacidade útil de reservatório, à medida que o número de habitações aumenta, o grau de aproveitamento diminui.

Neste exemplo dizer que o grau de aproveitamento é de 48 % para uma habitação unifamiliar significa que dos 132 m³/ano de água que cai na cobertura da habitação, 64 m³/ano são aproveitados pelas quatro pessoas para consumo não potável incluindo água quente para banhos e 68 m³/ano são descarregados no sistema de drenagem pluvial municipal.

Uma habitação de quatro pessoas com um telhado com uma área de cerca de 120 m² e um consumo de água de 45 l/hab/dia (Hipótese I) pode reduzir o volume de descarga no sistema de drenagem pluvial municipal de 25 %, com um reservatório de apenas 1 m³. Admitindo uma captação maior, de 65 l/hab/dia (Hipótese II) e um reservatório de 6 m³, o volume de água descarregado no colector pluvial pode ser reduzido de 48 %.

## 6.8 ANÁLISE ECONÓMICA DE "SAAP'S"

A instalação de um SAAP à semelhança de qualquer outro investimento ao nível da Engenharia, e não só, pressupõe cada vez mais a existência de uma análise económica prévia, de modo a permitir uma tomada de decisão mais fundamentada por parte do investidor.

Convém alertar que devem ser definidas várias alternativas, cada uma deve ser analisada do ponto de vista económico, embora frequentemente a melhor alternativa não seja a mais económica, mas sim aquela que o ponto de vista técnico melhor se adapta ao fim em causa.

A análise económica deve ser sempre efectuada com bastante bom senso, para que não se cometam falhas nem de sobre-estimativa dos benefícios, nem de sub-estimativa dos custos. O apuramento dos custos e dos benefícios deve ser muito bem estudado para não haver equívocos. O objectivo é maximizar a relação benefício/custo, devendo este quociente ser sempre superior à unidade.

### 6.8.1 Custos

Os custos podem ser de:

- a) Primeiro Investimento;
- b) Custos de Exploração (de operação e de manutenção).

Os **custos de primeiro investimento** correspondem aos custos de implantação da solução, incluem as despesas necessárias para os estudos, projectos, levantamentos e construção do empreendimento.

Os **custos de exploração (de operação e de manutenção)**, referem-se às despesas de energia, mão-de-obra, equipamentos e outras, relativas à execução de reparações ou substituições, limpezas, inspecções e revisões necessárias durante toda a vida útil do empreendimento.

### 6.8.2 Benefícios

Os benefícios podem ser

- a) Primários;
- b) Secundários.

Os **benefícios primários** são definidos como os valores dos produtos e serviços que afectam directamente o projecto.

Os **benefícios secundários** são definidos como os benefícios ambientais e macroeconómicos regionais que podem ser atribuídos ao projecto ( por exemplo, empregos ou poupança na despesa pública).

### 6.8.3 Folha de cálculo de análise de investimentos

Para estimar quanto se poupa graças à instalação de um SAAP comparam-se as seguintes situações:

1. Não se investe no SAAP e aplica-se o dinheiro que se destinava à sua compra num investimento bancário;
2. Investe-se no SAAP.

Desenvolveu-se uma folha de cálculo para análise do investimento.

Os dados de entrada da folha de cálculo são:

- a) **Valor inicial do investimento,  $I_0$  (€):** é o custo de aquisição e instalação do SAAP. Neste caso não existem investimentos distribuídos ao longo do tempo, portanto o único valor de investimento a considerar é o  $I_0$  (valor de investimento inicial).
- b) **Volume anual de água da chuva aproveitada com o SAAP,  $V_{\text{anual}}$  ( $\text{m}^3$ ):**
- c) **Custo de 1  $\text{m}^3$  água da rede pública que deixa de se consumir em virtude do aproveitamento de água proporcionado pelo SAAP,  $c$  (€).**
- d) **Custo de manutenção do SAAP,  $M$  (€);**
- e) **Taxa de depreciação do SAAP,  $t_{\text{desv}}$  (%):** corresponde à desvalorização anual do SAAP (admite-se uma taxa de desvalorização aritmética) para o cálculo do valor residual num determinado ano.
- f) **Taxa de inflação,  $t_{\text{inf}}$  (%):** é o valor anual de crescimento geral dos preços correspondente a uma disparidade entre a procura global e a oferta global de bens e serviços.
- g) **Taxa de juro,  $t_{\text{juro}}$  (%):** é o valor anual de rendimento do investimento bancário.

Definiu-se o **benefício anual (B)** como sendo  $B = c \times V_{\text{anual}} - M$ , e corresponde às receitas geradas pelo SAAP.

Assim analisando ambas as situações **ao fim de um ano** tem-se:

1. Aplicando o dinheiro no banco:

$$I_0 \times (1 + t_{\text{juro}})$$

2. Investindo no SAAP:

$$2.1. \text{ O valor residual do SAAP: } I_0 \times (1 - t_{\text{desv}}) \times (1 + t_{\text{inf}})$$

## 2.2. O benefício anual: B

Analisando ambas as situações **ao fim de dois anos** tem-se:

1. Aplicando o dinheiro no banco:

$$I_0 \times (1 + t_{\text{juro}})^2$$

2. Investindo no SAAP:

$$2.1. \text{ O valor residual do SAAP: } (1 - t_{\text{desv}} \times 2) \times I_0 \times (1 + t_{\text{inf}})^2$$

$$2.2. \text{ O benefício anual: } B \times (1 + t_{\text{juro}}) + B \times (1 + t_{\text{inf}})$$

Analisando ambas as situações **ao fim de três anos** tem-se:

1. Aplicando o dinheiro no banco:

$$I_0 \times (1 + t_{\text{juro}})^3$$

2. Investindo no SAAP:

$$2.1. \text{ O valor residual do SAAP: } (1 - t_{\text{desv}} \times 3) \times I_0 \times (1 + t_{\text{inf}})^3$$

$$2.2. \text{ O benefício anual: } B \times (1 + t_{\text{juro}})^2 + B \times (1 + t_{\text{inf}}) \times (1 + t_{\text{juro}}) + B \times (1 + t_{\text{inf}})^2$$

Induzindo, ao fim de **n anos** tem-se:

1. Aplicando o dinheiro no banco:

$$I_0 \times (1 + t_{\text{juro}})^n$$

2. Investindo no SAAP:

$$2.1. \text{ O valor residual do SAAP: } (1 - t_{\text{desv}} \times n) \times I_0 \times (1 + t_{\text{inf}})^n$$

$$2.2. \text{ O benefício anual: } \sum_{x=0}^{n-1} [B \times (1 + t_{\text{juro}})^x \times (1 + t_{\text{inf}})^{n-x-1}]$$

O “saldo” (€) entre as duas situações, (2-1), é o lucro obtido graças à instalação do SAAP relativamente à alternativa do investimento bancário. A determinação da viabilidade económica consiste basicamente em determinar quando o total das receitas geradas pelo projecto, em valor actualizado, se torna superior ao investimento inicial.

#### 6.8.4 Aplicação a casos de estudo

Neste ponto apresentam-se, para as duas situações em que se beneficia da água da chuva (Hipóteses I e II), os resultados da análise económica para sistemas dotados de reservatórios com capacidades crescentes, desde os 200 litros até ao 10 000 litros, para os diferentes casos práticos apresentados no ponto 6.7: uma habitação unifamiliar, duas habitações unifamiliares geminadas e um conjunto de quatro habitações unifamiliares geminadas. Para estimativa do preço da construção civil do reservatório de diferentes capacidades utilizou-se a expressão desenvolvida por Neves [2004] e apresentada no ponto 4.4.6 (custo dos reservatórios).

Com base na estimativa orçamental do SAAP para uma habitação unifamiliar apresentada no ponto 6.6 e resumida no ponto 6.6.3, para um reservatório em betão armado de 6 m<sup>3</sup> de capacidade, e nos resultados de simulações de SAPP's para reservatórios de capacidade crescente apresentados no ponto 6.7, desenvolveu-se a análise económica destes sistemas.

Para duas habitações geminadas considerou-se que o mesmo SAAP abastece as duas habitações. Assim, para o cálculo dos valores do investimento admitiu-se o custo construção civil do reservatório e dos equipamentos electromecânicos e eléctricos com um pequeno ajuste no preço do equipamento de bombagem já que a potência instalada será superior, relativamente à instalação de um SAAP numa só habitação. O excedente no custo, relativamente à solução denominada de “Hipótese 0”, das infra-estruturas interiores das duas habitações será contabilizado duas vezes já que se trata de duas habitações.

Para um condomínio de quatro habitações geminadas considerou-se que o mesmo SAAP abastece as quatro habitações. Tal como na situação anterior, no cálculo dos valores do investimento admitiu-se o custo construção civil do reservatório e dos equipamentos electromecânicos e eléctricos com um pequeno ajuste no preço do equipamento de bombagem pois a potência instalada será superior, relativamente à instalação de um SAAP numa só habitação. O excedente no custo, relativamente à solução denominada de “Hipótese 0”, das infra-estruturas interiores das quatro habitações será contabilizado quatro vezes já que se trata de quatro habitações.

Quanto a preços da água, a entidade responsável pelos serviços de Água e Saneamento da Região do Grande Porto estava a cobrar, para o escalão maior que 20 m<sup>3</sup>/mês, os seguintes montantes em Janeiro de 2006, incluindo impostos, mas não as tarifas de disponibilidade:

- Água: 2.69 €/m<sup>3</sup>;
- Águas Residuais: 1.05 €/m<sup>3</sup>;
- Resíduos Sólidos: 0.28 €/m<sup>3</sup>;

Estes preços unitários estão indexados ao volume de água consumida, pelo que cada metro cúbico da mesma importa em 4.02 € [<http://www.smasporto.pt/>].

No estudo económico admite-se o custo de um metro cúbico de água importa em 4.02 €, que corresponde ao valor obtido anteriormente, pois numa moradia unifamiliar facilmente se

atingem consumos de 20 m<sup>3</sup>/mês (considera-se que água da chuva que se aproveita corresponde ao patamar acima dos 20 m<sup>3</sup>/mês).

A curto prazo o custo da água deverá aumentar consideravelmente, devido cada vez mais à maior poluição das fontes de água e a acções por parte das entidades concessionárias de águas, como por exemplo cobrança pela captação de água, como já acontece em alguns países.

No estudo económico admite-se que os custos de manutenção anuais ascendem a 15 €/ano, que corresponde a cerca de duas horas de mão- de-obra para garantir uma lavagem anual conforme descrito no ponto 6.4.3.

O custo da energia gasta na bombagem da água da chuva é desprezável quando comparado com os restantes custos em jogo. Para uma habitação unifamiliar a energia gasta anualmente ascende a cerca de 5,20 kWh.

$$E = \frac{\gamma \times \text{Vol} \times H_{\text{man}}}{3600 \times 10^3 \times \eta} = \frac{9800 \times 52 \times 22}{3600 \times 10^3 \times 0.60} = 5.20 \text{ kWh}$$

Tendo em conta que o custo do kWh ascende a 0.10 € em 2006, o custo da energia ascende apenas a 0.52 €/ano.

Os valores adoptados para as taxas indicadas no ponto 6.9.3. foram valores correntes:

- a) Taxa de depreciação do SAAP,  $t_{\text{desv}}$  (%): 2.0 % /ano (aritmética);
- b) Taxa de inflação,  $t_{\text{inf}}$  (%): 2.5 % /ano;
- c) Taxa de juro,  $t_{\text{juro}}$  (%): variável, superior a 3 %.

Nas condições acima descritas obtêm-se os resultados apresentados graficamente na Figura 6.21.

"Saldo" em função da capacidade do reservatório ao fim de 20 anos

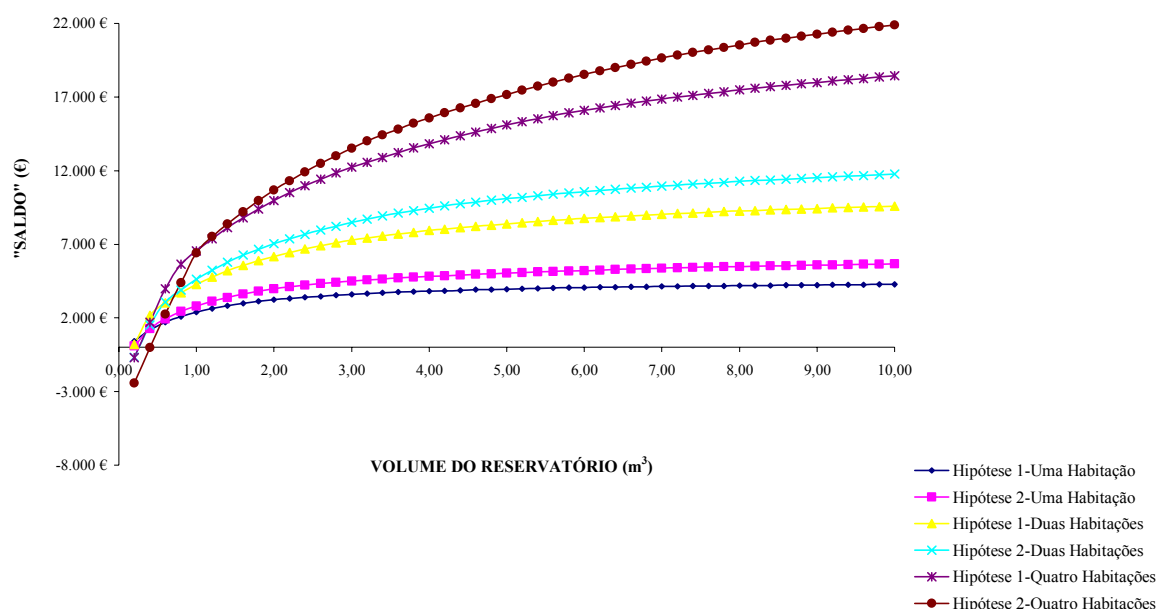


Figura 6.21: "Saldo" em função do volume do reservatório ao fim de 20 anos para todas as situações em estudo para uma taxa de juro = 3%.

Analisando a figura anterior verifica-se que para a mesma capacidade do reservatório, quanto mais água se consome mais lucrativo é o investimento. Assim, por exemplo, um reservatório de  $6 \text{ m}^3$  instalado numa moradia unifamiliar, onde se faz **aproveitamento da água da chuva para consumo não potável excluindo banhos** (Hipótese I), ao fim de 20 anos economiza ao consumidor final cerca de 4000 €. Nas mesmas condições, o mesmo reservatório com  $6 \text{ m}^3$  instalado para abastecer 4 moradias unifamiliares economiza aos consumidores finais cerca de 16 000 €.

#### 6.8.4.1 Hipótese I

Nas Figuras 6.22, 6.23 e 6.24 apresentam-se três gráficos que permitem visualizar o "saldo" em função do tempo (em anos) para um reservatório de  $6 \text{ m}^3$  para diversos valores de taxa de juro, que variam entre 3 e 14 %, para uma habitação, duas habitações e três habitações.



"Saldo" em função do tempo para um  $V_{\text{reservatório}} = 6 \text{ m}^3$  para UMA HABITAÇÃO

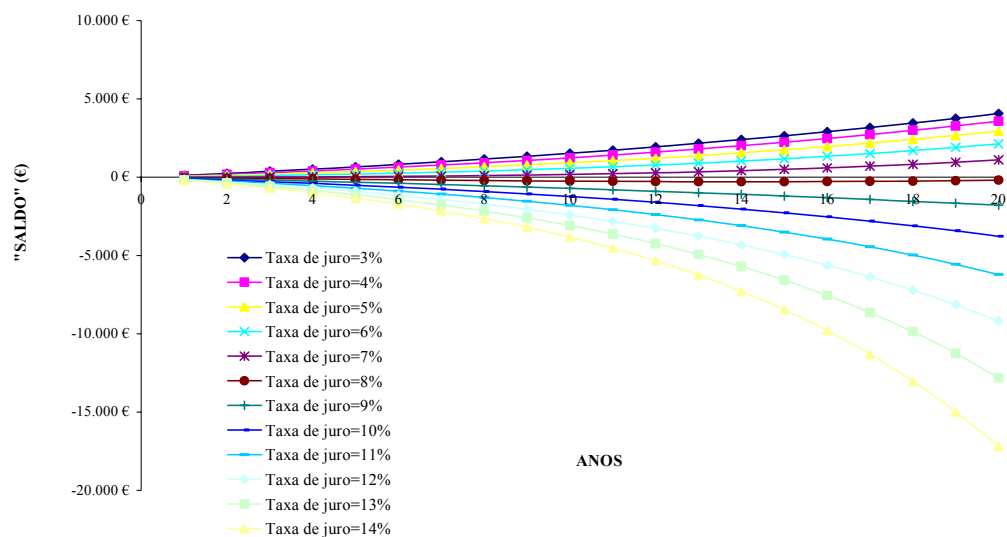


Figura 6.22- Hipótese I - "Saldo" em função do tempo para um reservatório de  $6 \text{ m}^3$  de capacidade para UMA HABITAÇÃO

"Saldo" em função do tempo para um  $V_{\text{reservatório}} = 6 \text{ m}^3$  para DUAS HABITAÇÕES

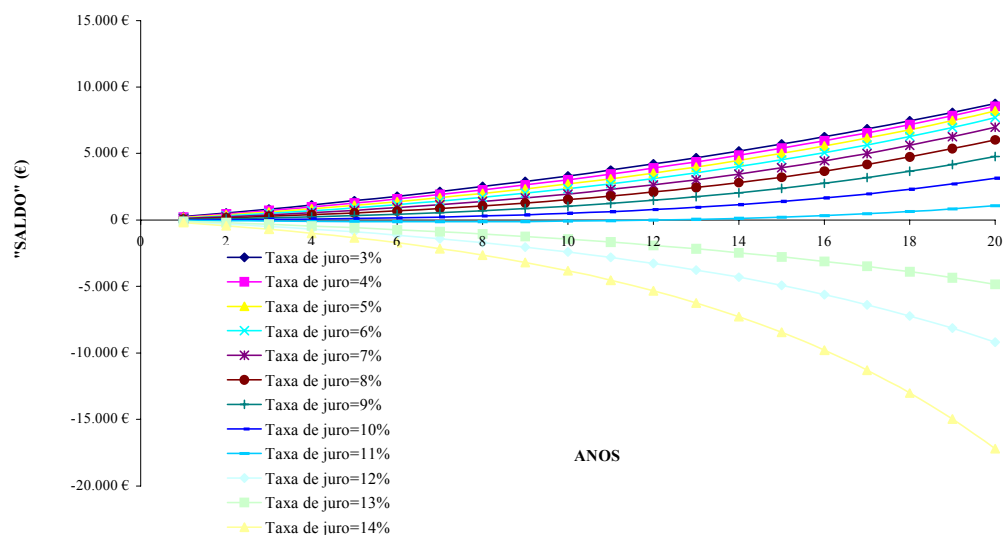
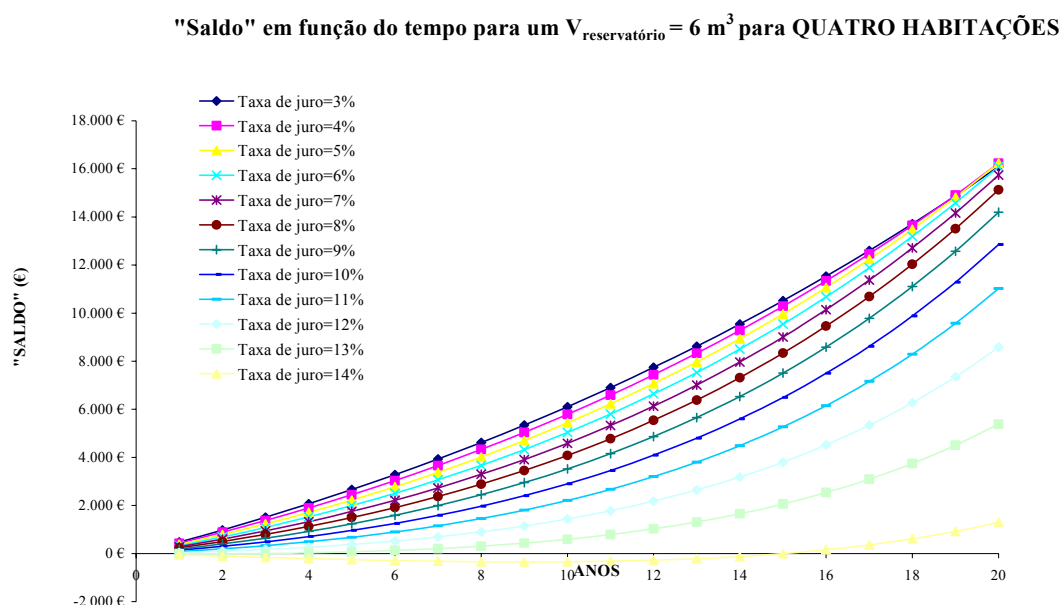


Figura 6.23- Hipótese I - "Saldo" em função do tempo para um reservatório de  $6 \text{ m}^3$  de capacidade para DUAS HABITAÇÕES



**Figura 6.24- Hipótese I - “Saldo” em função do tempo para um reservatório de  $6 \text{ m}^3$  de capacidade para QUATRO HABITAÇÕES**

Observando as figuras anteriores verifica-se que com valores de taxa de juro até 7 % / ano o investimento na instalação de um SAAP é lucrativo em uma, duas e quatro moradias unifamiliares. A partir dos 7 % / ano a instalação de um SAAP deixa de ser interessante sob o ponto de vista económico numa moradia unifamiliar isolada. Quando o SAAP se instala em duas ou quatro habitações (quarteirão) o investimento é rentável sob o ponto de vista económico até taxas de juro de 10 % e 12% / ano, respectivamente.

Sintetizando, estes investimentos só deixam de ser lucrativos como alternativa a outros investimentos com rentabilidades superiores a 7, 10 e 12 % / ano, em uma, duas, e quatro habitações, respectivamente.

#### 6.8.4.2 Hipótese II

Tal como apresentado no ponto anterior para o cenário “Hipótese I”, nas Figuras 6.25, 6.26 e 6.27 apresentam-se três gráficos que permitem visualizar o “saldo” em função do tempo (em anos) para um reservatório de  $6 \text{ m}^3$  para diversos valores de taxa de juro, que variam entre 3 e 14 %, para uma habitação, duas habitações e três habitações.

"Saldo" em função do tempo para um  $V_{\text{reservatório}} = 6 \text{ m}^3$  para UMA HABITAÇÃO

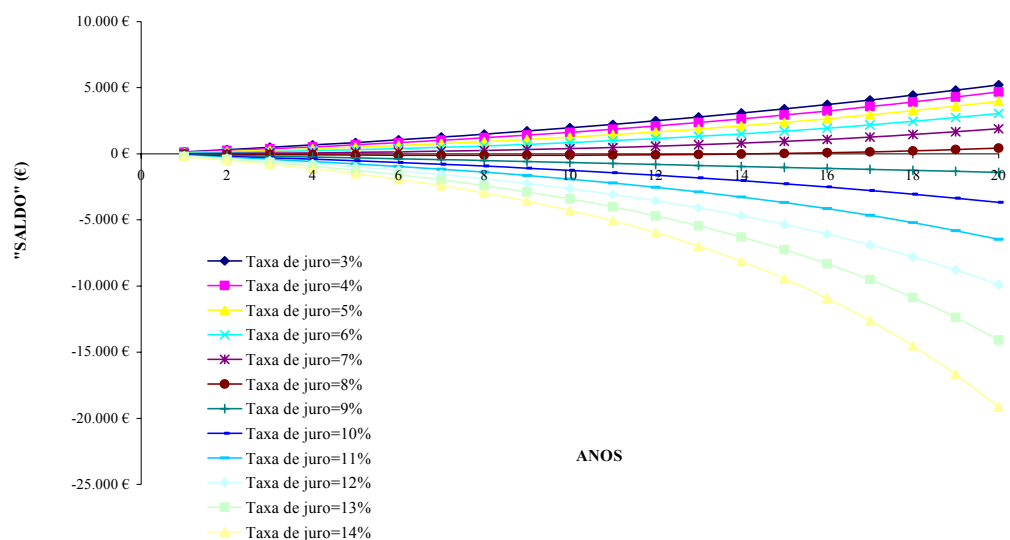


Figura 6.25- Hipótese II - "Saldo" em função do tempo para um reservatório de  $6 \text{ m}^3$  de capacidade para UMA HABITAÇÃO

"Saldo" em função do tempo para um  $V_{\text{reservatório}} = 6 \text{ m}^3$  para DUAS HABITAÇÕES

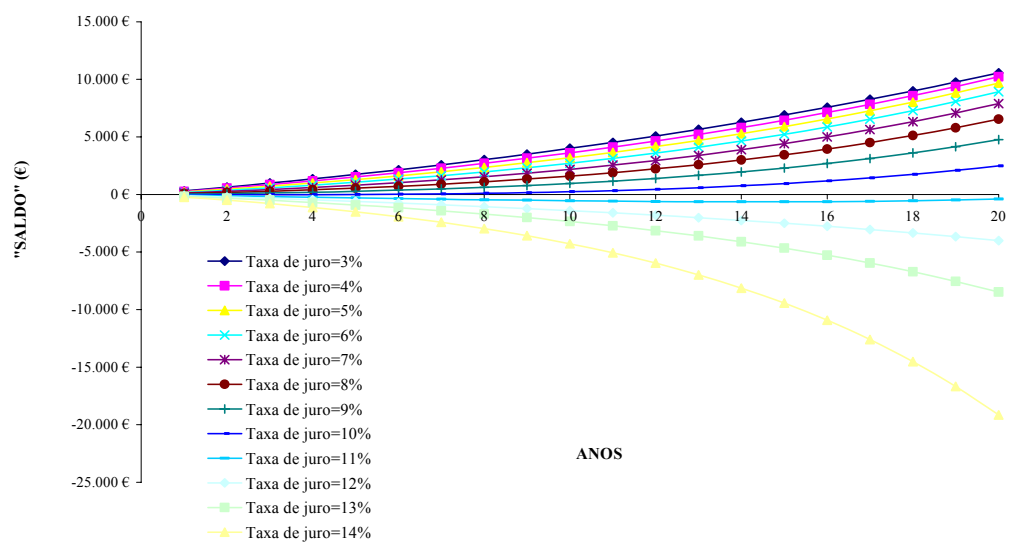
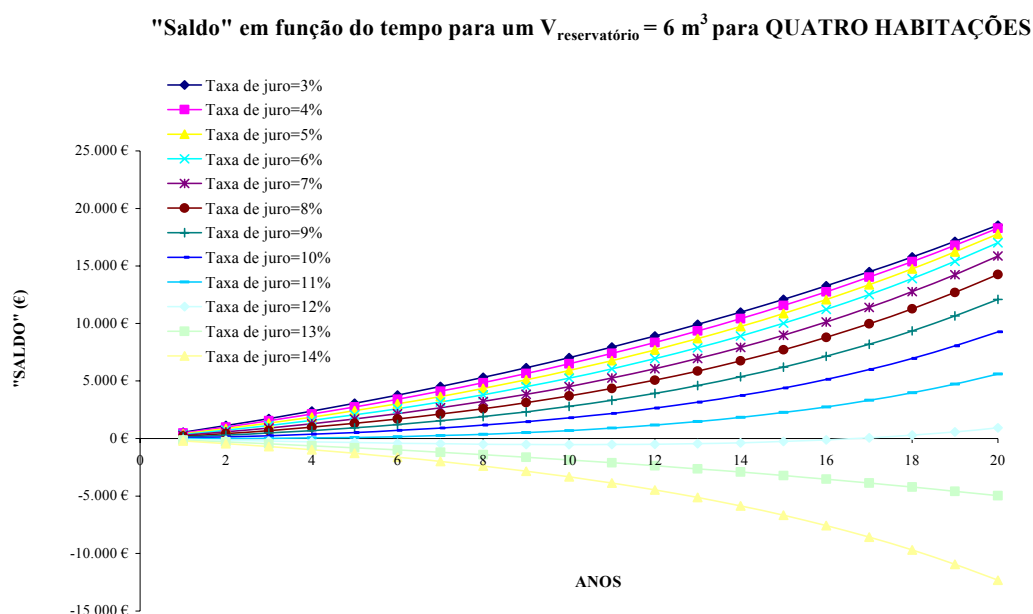


Figura 6.26- Hipótese II - "Saldo" em função do tempo para um reservatório de  $6 \text{ m}^3$  de capacidade para DUAS HABITAÇÕES



**Figura 6.27- Hipótese II - “Saldo” em função do tempo para um reservatório de  $6 \text{ m}^3$  de capacidade para QUATRO HABITAÇÕES**

Tal como na “Hipótese I”, e observando as figuras anteriores, verifica-se que com valores de taxa de juro até 7 % / ano o investimento na instalação de um SAAP é lucrativo em uma, duas e quatro moradias unifamiliares. A partir dos 7 % / ano a instalação de um SAAP deixa de ser interessante sob o ponto de vista económico numa moradia unifamiliar isolada. Quando o SAAP se instala em duas ou quatro habitações (quarteirão) o investimento é rentável sob o ponto de vista económico até taxas de juro de 9 % e 10 % / ano, respectivamente.

Sintetizando, estes investimentos só deixam de ser lucrativo como alternativa a outros investimentos com rentabilidades superiores a 7, 10 e 11 % / ano, em uma, duas, e quatro habitações, respectivamente.

Com base nos pontos anteriores, 6.9.4.1 e 6.9.4.2, e comparando os 6 casos práticos em estudo, verificamos que, por vezes, consegue-se alcançar investimentos mais lucrativos sob o ponto de vista económico na “Hipótese I” onde se aproveita a água da chuva para *consumo não potável excluindo banhos* do que na “Hipótese II” onde se aproveita a água da chuva para *consumo não potável incluindo banhos*. A explicação deste facto está relacionada com o peso do investimento inicial que é obviamente superior na segunda situação.

## CAPÍTULO 7

### PROYECTOS EM DESENVOLVIMENTO



## **7. PROJECTOS EM DESENVOLVIMENTO NO DOMÍNIO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM PORTUGAL**

### **7.1 EMPREENDIMENTO COOPERATIVO DA PONTE DA PEDRA**

Da união da “NorteCoope”, “Sete Bicas” e “Ceta” surgiu o Empreendimento Cooperativo da “Ponte da Pedra”, em Leça do Balio (Matosinhos). A primeira fase, composta por 151 habitações, foi inaugurada em Dezembro de 2003. É um empreendimento de qualidade reconhecida pela União Europeia, resultante de uma candidatura ao “Prémio Europeu de Sustentabilidade da Qualidade Habitacional”, que tem em linha de conta a qualidade construtiva aliada à economia de energia e consumo de água. O próprio empreendimento é requalificador da zona onde está inserido, pois os terrenos onde está implantado eram, anteriormente, uma instalação industrial poluente e degradada.

Em Janeiro de 2005, arrancou um novo empreendimento de 101 habitações, o primeiro empreendimento nacional de “habitação sustentável”, também em Leça do Balio. Utilizará a água da chuva em sanitários, painéis solares para reduzir a utilização de gás natural e de electricidade e isolamentos térmicos reforçados para evitar o recurso ao ar condicionado. O complexo habitacional, a cargo da União Norbiceta (agrupa as cooperativas Sete Bicas, NorteCoope e Ceta), é marcado pela inovação. Trata-se de um projecto-piloto resultante de uma candidatura ao programa europeu “Habitação Sustentável na Europa”, que envolve também a Dinamarca, a Itália e a França e estabelece uma série de regras ao nível da poupança de energia e recurso a fontes alternativas e de gestão ambiental.

O empreendimento de Leça do Balio terá, entre outras inovações, um reservatório enterrado para o armazenamento das águas pluviais e posterior encaminhamento para o sistema de rega de jardins e autoclismos das habitações e um sistema para o aproveitamento da energia solar. Ao nível do isolamento acústico, destaca-se a criação de uma “cortina” arbórea no sentido de reduzir a propagação do ruído do tráfego automóvel.

O aproveitamento de águas pluviais consiste na drenagem dos telhados dos edifícios pelos tubos de queda, até ao nível do pavimento e a sua condução até um reservatório de armazenamento enterrado, em betão armado. Este reservatório além de receber as águas pluviais dos telhados dos edifícios recolhe também as águas freáticas, o que permite que este tenha alguma água disponível mesmo em períodos de seca. A água deste reservatório é bombada através de um grupo de bombagem até ao sótão dos edifícios, onde se localizam vários reservatórios de plástico, um por caixa de escadas, que armazenam a água e a distribuem graviticamente pelos sanitários.

No passado dia 8 de Abril de 2006 foi apresentado o andar modelo relativo a este projecto inédito de habitação sustentável em Portugal. Este evento foi divulgado em todos os meios de comunicação social. Apresentam-se extractos de algumas das notícias publicadas respeitantes ao mesmo.

### INH estimula construção sustentável

O Instituto Nacional de Habitação (INH) está a sensibilizar os agentes do sector imobiliário para o uso dos critérios de sustentabilidade nas novas construções e reabilitação urbana. Está prevista uma revisão legislativa que contribua para estimular a construção de habitação a custos controlados. A redução das taxas de juro, nas obras que apresentem estas características, é o primeiro passo.



Assim surgiu o empreendimento Ponte da Pedra, em Matosinhos. Co-financiado pelo projecto da União Europeia SHE (Sustainable Housing in Europe), trata-se do primeiro empreendimento cooperativo de construção sustentável, em Portugal, e foi promovido pela união de cooperativas Norbiceta.

Neste empreendimento foram utilizados materiais menos exigentes em termos de manutenção e foi feito o aproveitamento de águas pluviais e do subsolo em instalações sanitárias e para a rega dos jardins. Vários painéis solares permitem reduzir em 80 por cento o consumo da energia utilizada para o aquecimento da água.

Actualmente, está em curso a segunda fase deste empreendimento, com conclusão prevista para o segundo semestre de 2006, que inclui a construção de 101 fogos.

O preço final de venda dos apartamentos construídos com base em critérios de construção sustentável pode ser superior, mas para o presidente do INH, José Teixeira Monteiro, o valor é compensado no resultado final. «Estes empreendimentos, no início, têm um ligeiro acréscimo de cinco por cento no preço final de venda, mas o investimento é amortizado face à redução nos consumos, com benefícios ao longo da utilização», garante o responsável, citado pelo jornal Arquitecturas.

Figura 7.1- Extracto da Edição do site [www. AmbienteOnline.pt](http://www.AmbienteOnline.pt) de dia 03-02-2006

### **Aproveitamento de águas, renovação de ar e separação de lixos são algumas das inovações da casa sustentável que está a nascer na Ponte da Pedra. Uma forma de construir que o Governo quer generalizar.**

Acabaram de ser publicadas em Diário da República as novas directrizes governamentais no que toca à construção de habitações. Novas regras que pretendem promover uma construção mais sustentável tendo em vista um uso mais racional das energias necessárias ao funcionamento das casas. Regras pelas quais não esperou a segunda fase da Urbanização da Ponte da Pedra, promovida pela Norbiceta - a união de três cooperativas: Nortecoope, Sete Bicas e Ceta.

No passado sábado foi apresentado o andar-modelo desta que será uma referência para o futuro da construção em Portugal. Sendo uma inovação, "teve a difícil tarefa de vencer barreiras" tal como salientou Guilherme Vilaverde. O representante da Norticeta referia-se ao facto de, mesmo ao nível da construção e dos materiais, ter de combater ideias antigas de construção. No entanto, "este é o caminho a seguir para este sector, procurando uma construção económica, social e ambientalmente sustentável".

Figura 7.2- Extracto da notícia da Edição do Jornal "Matosinhos Hoje" de dia 12-04-2006



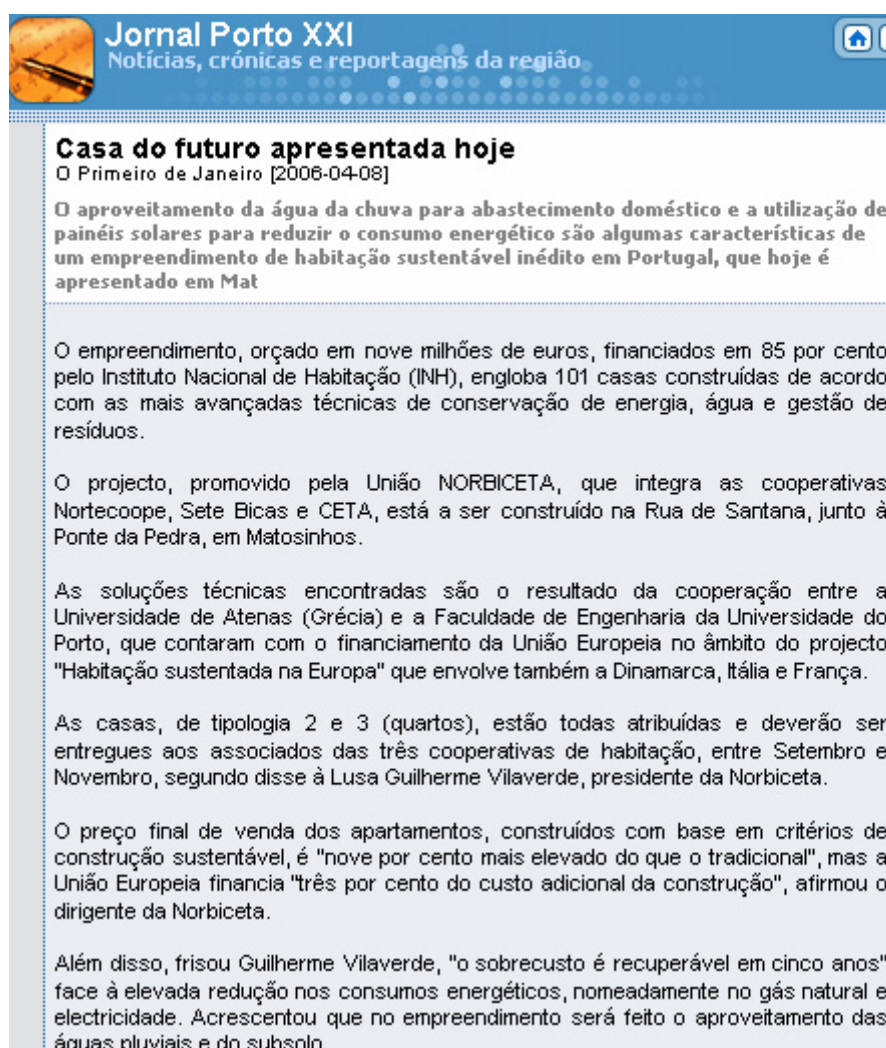
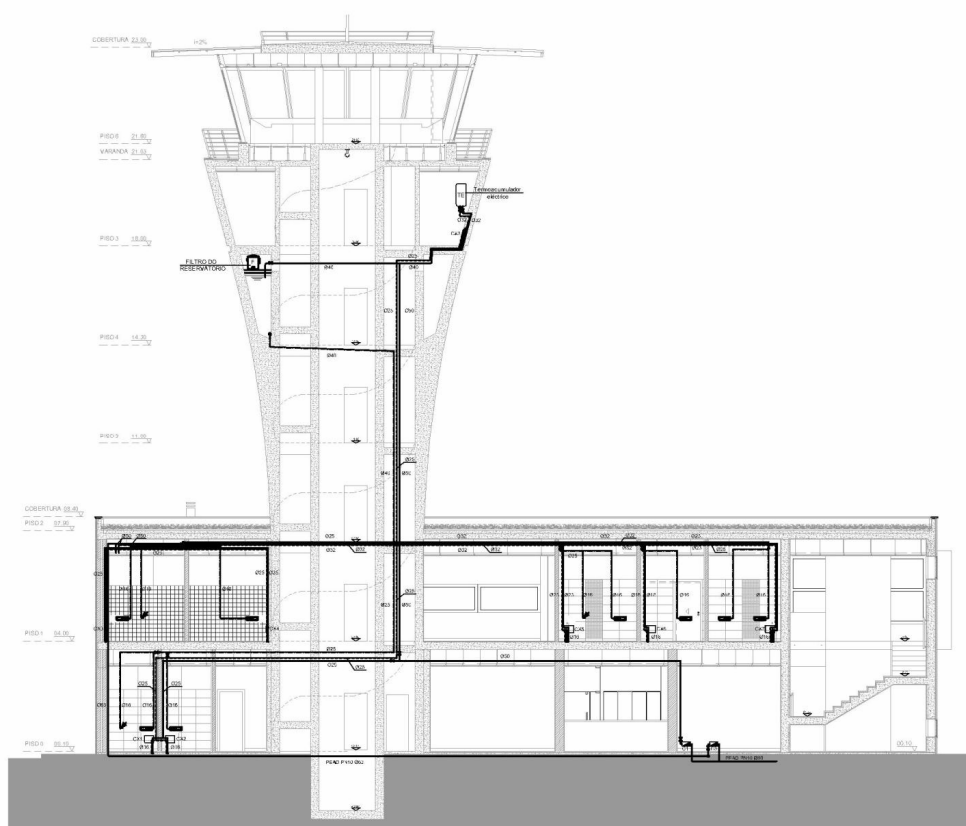


Figura 7.3- Extracto da notícia da Edição do Jornal "Primeiro de Janeiro" de dia 08-04-2006

## 7.2 TORRE DE CONTROLO DO AERÓDROMO DE CASTELO BRANCO

Na DHVTecnopor desenvolveu-se o Projecto de Execução das especialidades da Torre de Controlo e do Edifício de Apoio ao Aeródromo de Castelo Branco.

No âmbito dos projectos das redes prediais de abastecimento de água e das redes de drenagem de águas pluviais e residuais desenvolveu-se o projecto tendo em mente o aproveitamento da água da chuva para descarga dos sanitários e mictórios de todos os WC localizados nos pisos 0 e 1.

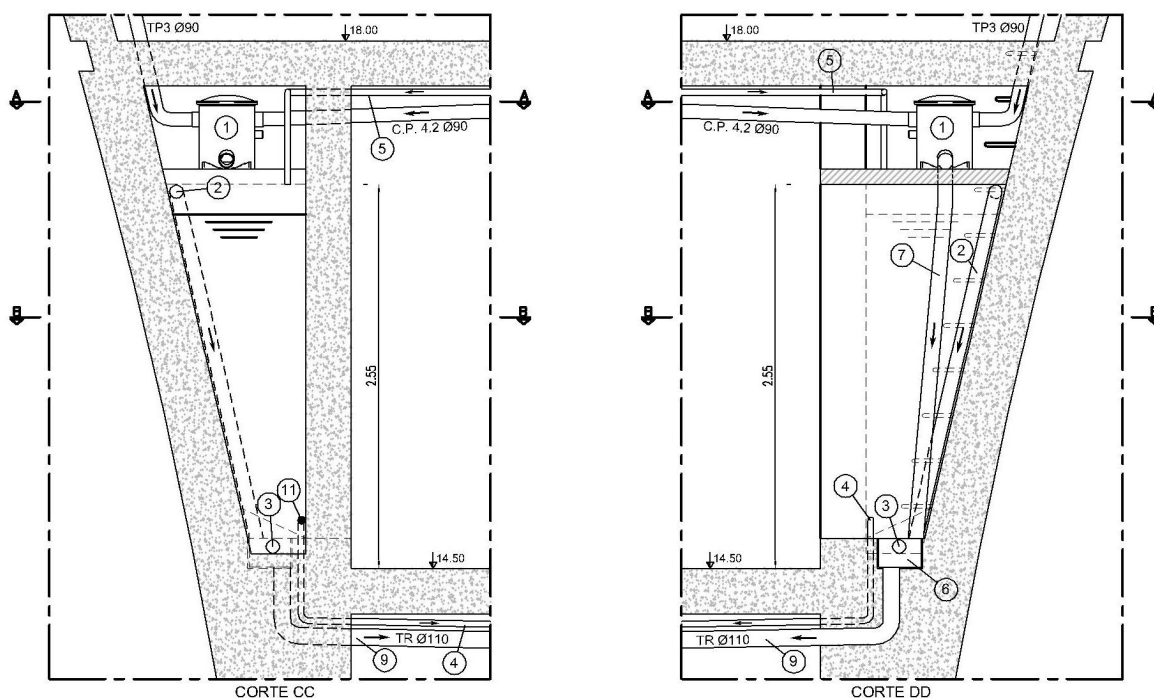


**Figura 7.4- Esquema geral do projecto de abastecimento de água da Torre de Controlo do Aeródromo de Castelo Branco**

O reservatório para o armazenamento de água da chuva localiza-se no piso 4 da torre de controlo. O aproveitamento de águas pluviais incide essencialmente na recolha de águas provenientes da cobertura da torre. A recolha das águas provenientes da cobertura será feita sucessivamente por uma caleira metálica de zinco e tubos de queda até ao reservatório de armazenamento de água da chuva que se localiza no 4º piso da torre, e tem cerca de 7 m<sup>3</sup> de capacidade.

A cobertura da torre, com uma área aproximada de 120 m<sup>2</sup>, deverá ter uma inclinação radial para o exterior de 0.5 % drenando a cobertura para dois tubos de queda em zinco que conduzem a água da cobertura para o reservatório.

No tubo de queda, antes da entrada no reservatório, será instalado um filtro do tipo “3P Rainus” da “3P Technik”. Neste filtro os detritos e as folhas de árvore são expelidos pela frente e conduzidos ao tubo de queda que liga ao colector predial, e a água filtrada é conduzida ao reservatório de armazenamento.



LEGENDA:

- |                               |   |                      |
|-------------------------------|---|----------------------|
| ① Filtro                      | ⑥ Grelha                                      | ⑩ Válvula motorizada |
| ② Descarga de superfície Ø110 | ⑦ Saída de detritos Ø110                      | ⑪ Ralo               |
| ③ Descarga de fundo Ø110      | ⑧ "Amortecedor" de água (3P Calmed Ø100/Ø125) | ⑫ Acesso             |
| ④ Rede da água da chuva Ø40   | ⑨ Liga à rede pluvial Ø110                    | ⑬ Degraus            |
| ⑤ Rede da água fria Ø40       |   |                      |

**Figura 7.5- Esquema geral do projecto de abastecimento de água da Torre de Controlo do Aeródromo de Castelo Branco (piso 4-cota 14.50)**

Nos casos de não ocorrência de chuva por um período alargado, que seja suficiente para que a água do reservatório atinja um nível mínimo (low level), a rede pública abastecerá o reservatório por intermédio de uma válvula monitorizada. Este sistema será composto por duas bóias e por um autómato. Quando a água do reservatório atinge o nível mínimo, a 30 cm da cota de fundo do reservatório, a bóia accionará o autómato que permitirá a abertura da válvula da rede pública, o que permitirá o enchimento do reservatório. A válvula será fechada quando a água do reservatório atingir o nível máximo (high level) a 2,25 m do fundo, cujo accionamento será efectuado pela segunda bóia.

Com base nos registos diários de precipitação (entre 1989 e 2001) de um posto udométrico próximo de Castelo Branco (Vila Velha de Ródão) e na lei de consumos de água, definida a

partir de dados de registo dos passageiros de um aeródromo semelhante ao que se prevê construir em Castelo Branco, desenvolveram-se várias simulações na ferramenta de cálculo descrita no Capítulo 5 (ponto 5.3), com vista a calcular qual o volume de água da chuva passível de ser aproveitado em cada ano. Para as condições descritas, o volume de água que se aproveitará anualmente rondará os 55 m<sup>3</sup>.

## CAPÍTULO 8

### SÍNTESE E CONCLUSÕES

---



## 8. SÍNTESE E CONCLUSÕES

O aproveitamento de água da chuva surge na viragem do século XXI como uma opção de desenvolvimento sustentável de múltiplas vantagens, permitindo não só a redução do consumo de água potável (com consequente benefício para os sistemas de abastecimento público, já sobrecarregados face ao crescimento acelerado da população), mas também a redução do caudal de cheia e do risco de inundações e a preservação dos lençóis freáticos. Existem ainda vantagens económicas, do ponto de vista do consumidor, inerentes ao aproveitamento da água da chuva, desde a simples poupança na factura mensal de água potável até ao aumento da longevidade de aparelhos electrodomésticos tais como máquinas de lavar (devido à água da chuva ser isenta de calcário). O facto de que muitas aplicações domésticas, tais como limpezas de exteriores, descargas de sanitários, lavagem de automóveis e rega, não necessitem de água potável ou de particular qualidade favorece a implementação de sistemas simples para o aproveitamento de água da chuva.

Este estudo procurou apresentar pormenorizadamente todos os componentes de um SAAP, desde os telhados das habitações onde se procede à recolha da água da chuva, órgãos de condução, dispositivos de primeira lavagem, reservatórios de armazenamento e tratamento da água, bem como um estudo de custos correntes em Portugal para os reservatórios de armazenamento da água de diferentes materiais: Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Aço Inox e Betão Armado. Para cada um destes materiais foi deduzida uma expressão matemática simples que permite uma rápida estimativa do custo de um reservatório de volume arbitrário feito desse material. Verificou-se que para pequenas capacidades, até 2.5 m<sup>3</sup>, os reservatórios de PEAD são competitivos relativamente aos de PRFV, aos de Aço Inox e aos de Betão Armado. A partir de 2.5 m<sup>3</sup> até aos 16 m<sup>3</sup> os reservatórios mais competitivos são os de betão armado, construídos *in situ*.

Procuram-se definir critérios para o projecto de um SAAP, e identificar os principais cuidados e metodologias a seguir na implantação deste tipo de sistemas. Apresentou-se também o enquadramento legal português, a listagem dos parâmetros de qualidade da água geralmente avaliados de acordo com o fim a que a água se destina, bem como um possível programa de análises para amostras de água da chuva a analisar. A água da chuva pode ser utilizada para lavagem de roupa, irrigação de jardins em espaços públicos, lavagens de veículos, lavagem de ruas, descarga de sanitários, sistemas de combate a incêndio e sistemas de ar condicionado sem que ocorra qualquer risco para os seus utilizadores. Possivelmente poderá ser utilizada na rede de água quente para banhos, no entanto antes da sua utilização, a verificação da qualidade e da necessidade de tratamento é fundamental para que não ocorram riscos para os seus utilizadores.

Foram desenvolvidas ferramentas de cálculo automático para o dimensionamento e verificação do funcionamento do reservatório do SAAP, sendo estas ferramentas facilmente adaptáveis para casos particulares ou mesmo novos paradigmas de projecto. Procurou-se

mostrar a viabilidade económica de um SAAP através do projecto pormenorizado do mesmo para uma habitação unifamiliar típica (moradia) localizada na cidade do Porto; neste projecto foram consideradas as diferentes opções de implementação a nível de aproveitamento de água da chuva, tendo-se orçamentado detalhadamente o acréscimo de custo na moradia. Verificou-se que este acréscimo de custo seria da ordem dos 3 000 €.

Deste projecto foi possível concluir que a viabilidade económica do sistema depende essencialmente de três factores: precipitação, superfície de recolha e lei de consumos. Quanto mais elevados estes factores forem, menor é o prazo de recuperação do investimento; por exemplo, a utilização de água da chuva em condomínios de habitações, indústrias, áreas de serviço de gasolina, etc., será potencialmente mais rentável do que em habitações unifamiliares. De qualquer modo, através do projecto da moradia, foi possível estimar que a rentabilidade do SAAP ao longo do tempo supera sempre a de um investimento com uma taxa de juro de 7%/ano, atingindo-se em alguns casos 14%. Concluiu-se também que o reservatório de armazenamento de água da chuva, por ser um dos componentes mais caros do sistema, deve ser calculado levando em consideração, além dos factores citados anteriormente, a disponibilidade de área para a sua instalação. Sempre que se revele possível este deve localizar-se na edificação de tal forma que resultem menos gastos nas tubagens, equipamento de bombagem e energia eléctrica gasta na elevação da água, etc.

Apresentaram-se resultados de simulações de SAAP's dotados de reservatórios de armazenamento com capacidades crescentes que evidenciaram claramente as duas grandes vantagens do aproveitamento da água da chuva: redução significativa do consumo de água da rede pública, contribuindo portanto como medida de conservação de água, e diminuição significativa do volume de água descarregada no sistema de drenagem pluvial municipal, contribuindo deste modo para a redução de cheias. Estas vantagens terão grande importância se admitirmos uma implantação em grande escala, por exemplo em grandes cidades.

Foram apresentados dois casos práticos de aplicação de SAAP's, localizados no Norte de Portugal: o empreendimento cooperativo de Ponte da Pedra, visitado pela autora em diferentes fases de execução da obra, e a torre de controlo do aeródromo de Castelo Branco, projecto realizado na empresa DHVTecnopor, onde a autora exerce a sua actividade profissional.

Futuros desenvolvimentos, na continuação deste trabalho, incluiriam antes demais a implantação de uma instalação experimental, que permitisse verificar a todos os níveis o funcionamento do SAAP e dos seus constituintes. Em estudos posteriores devem ser recolhidas e analisadas laboratorialmente amostras de água da chuva com o objectivo de caracterizar esta última físico, química e bacteriologicamente em vários pontos de amostragem. Só com a obtenção de um conjunto representativo de amostras e com os resultados de um adequado programa de análises se poderá decidir quais as necessidades de tratamento para que esta água possa ser aproveitada para consumo potável, particularmente no panorama nacional; tal reveste-se de grande importância uma vez que os estudos efectuados até à data dizem respeito a realidades urbanísticas e climáticas distintas das do nosso país. Finalmente, cada um dos componentes do SAAP é certamente plausível de optimização, e a investigação nesse sentido surge também como uma linha de interesse.



Na opinião da autora, e com o objectivo de promover a instalação de sistemas de aproveitamento da água da chuva, seria interessante que o governo português atribuísse um incentivo, por exemplo fiscal à instalação destes sistemas, como forma de impulsionar o desenvolvimento desta técnica. Deste modo, a instalação de um SAAP poderia ser uma opção mais utilizada mesmo em habitações singulares, e haveria uma maior tendência em incluir estes sistemas em novas edificações. Assim, aumentaria a oferta e diminuiria a procura de água potável e o volume de água pluvial descarregado no colector municipal. Um protocolo de cooperação e incentivo entre os Serviços de Água e o construtor, que visasse recompensar a inclusão de SAAPs em novas edificações, seria de potencial interesse para fomentar a implantação destes sistemas, uma vez que o construtor não tem à partida visibilidade sobre o benefício do SAAP usufruído pelos moradores.



## CAPÍTULO 9

## BIBLIOGRAFIA

---



## 9. BIBLIOGRAFIA

3P TECHNIK. – **Filtersysteme GmbH: Innovative rainwater harvesting**. Disponível em: <<http://www.3PTechnik.com/>>. Acesso em: 10 Março de 2005.

- A AMORIM, S. V.; CAMPOS, M. A. S.; HERNANDES, A. T. – **Análise de Custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto**. São Paulo, Brasil, 2003. 9p.

ASCE, and WEF (American Society of Civil Engineers and Water Environment Federation). – **Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems**. New York, 1992.

- B BENENSON, A. S. – **Control of Communicable Diseases Manual**. American Public Health Association. 16th Ed. Washington, USA, 1995.

BLANCHARD, D. C. – **Bacteria and the air-water interface**. *Science*. August 1970.

BRODRIBB, R.; WEBSTER, P. and FARRELL, D. – **Recurrent Campylobacter fetus subspecies bacteriaemia in a febrile neutropaenic patient linked to tank water**, Communicable Disease Intelligence. 1995. Vol. 19, p.312-313.

- C CADILHE, M. – **Matemática Financeira Aplicada**. Porto: Edições Asa, 1994. ISBN 972-41-1214-4.

CHAREONSOOK, O. *et al.* – **The Entero-pathogenic Bacteria and Ph of Rainwater from Three Types of Containers**. Communicable Disease Journal. Thailand, 1986. Vol 12, No.1, p. 50-58.

CLARKE, R.D.S. – **Nitrogen and phosphorus in rainwater at locations near Adelaide, South Australia**. Engineering and Water Supply Department. South Australia, 1987.

CHRISTENSEN, B.E.; and CHARACKLIS W.G. – **Physical and chemical properties of biofilms: Biofilms**. John Wiley and Sons. New York, 1990.

COOMBES, P. J. – **Rainwater Tanks Revisited: New Opportunities for Urban Water Cycle Management**. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy supervised by Associate Professor George Kuczera and submitted to the University of Newcastle, N.S.W., Australia, January 2002.

CRABTREE, K.; RUSKIN, R. *et al.* – **The Detection of Cryptosporidium Oocysts and Giardia cysts in Cistern Water in the U.S. Virgin Islands**. *Water Research*. 1996. Vol. 30, No. 1, p. 208-216.

CUNLIFFE, D.A. – **Guidance on the use of rainwater tanks**. National Environmental health Forum Monographs. Water Series 3. South Australian Health Commission. South Australia, 1998. ISBN 0 642 320160.

- D** DACACH, N. G. – **Saneamento básico**. 3ª Ed.. Rio de Janeiro: Didática e Científica, 1990.

DUNCAN, H.P.; and WIGHT D.J. – **Rainwater tanks for domestic water supply in the Melbourne area**. Board of Works Water Supply Division. Australia, 1991.

## E

- F** FLEMMING, H.R.C. – **Biofilms and environmental protection**. *Water Science and Technology*. 1993. Vol. 27, 7-8. 1-10.

FRASIER, G.W. – **Proceedings of water harvesting symposium**. Berkeley: USDA (United states agricultural research service), 1975.

FUJIOKA, R., INSERRA, S., and CHINN, R., – **The Bacterial Content of Cistern Waters in Hawaii**. In: 5<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAINWATER CISTERN SYSTEMS. Keelung, Taiwan, 1991. p. 33-45.

- G** GALVÃO, A. F.; VALÉRIO, P. D.; SALDANHA MATOS, J. – **Gestão Integrada de Águas Pluviais em Meio Urbano: As soluções de Controlo na Origem**. Boletim Lisboa Urbanismo. Lisboa: 11 (2000).

GEE, L. – **Pilot survey of the microbiological and chemical aspects of water stored in domestic rainwater tanks**. Western Sector Public Health Unit. New South Wales Department of Health. 1993.

GOULD, J. – **Is rainwater safe to drink? A review of recent findings**. IN 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina, Brasil, 1999.

GOULD, J.; and MCPHERSON, H. – **Bacteriological Quality of Rainwater in Roof and Ground Catchment Systems in Botswana**. Water International. 1987. Vol. 12, No. 3. p.135-138.

GROVE S. – **Rainwater Harvesting in the United States: Learning Lessons the World Can Use**. 1993. *Raindrop*, Vol. 8, p.1-10.

GUANGHUI, M. et. al. – **The quality and major influencing factors of runoff in Beijing's urban area**. In: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS. Manheim, Germany, 2001. p.10.

- H** HAEBLER R. H.; and WALLER D.H. – **Water of Rainwater Collection Systems in the Eastern Caribbean**. In: 3<sup>RD</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAINWATER CISTERN SYSTEMS. Khon Kaen Univ.. Thailand, 1987. F2 p.1-16.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. – **Rainwater utilisation in Germany**: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *Urbanwater*. Germany, 1999. p. 307-316.

HOFKES, E. H. – **Rainwater harvesting for drinking water supply and sanitation**. International reference center for communing water supply. Londres, 1981.

## I

**J** JENKINS, D.; and PEARSON, F. – **Feasibility of rainwater collection systems in California**. California Water Resources Centre, University of California. 1978. Contribution N°.173.

JORGENSEN, A. J. F.; Nohr K. et. al. – **Decontamination of Drinking Water by Direct Heating in Solar Panels**. Applied Microbiology. 1998. Vol. 85, 3, p. 441-447.

JOYCE, T. M. et. al. – **Inactivation of Fecal Bacteria in Drinking Water by Solar Heating**. Applied and Environmental Microbiology. 1996. Vol. 62, 2, p. 399-402.

**K** KESSEL, Rainwater Management Systems – **Rainwater...Nature's Perfect Gift!**. Germany, 2003.

KHAN, I. A. – **Domestic roof water harvesting technology in that desert, Índia**. RWH Conference. New Delhi, Abril de 2001.

**L** Lye, D. – **Legionella and Amoeba found in Cistern Systems**. Proceedings of the Regional Conference of the International Rainwater Catchment Systems Association. Kyoto, Japan, 1992. p. 534-537.

**M** MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J. M. ; and PARKER, J. – Brock Biology of Microorganisms. 10<sup>th</sup> Ed. Prentice Hall International Editions, 2001. ISBN 0-13-049147-0.

MARKS, R. et. al. – **Use of rainwater in Australian urban environments**. In: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, Manheim, 2001. Germany, 2001. p.9.

MATOS, R. – **Controlo na Origem de Águas Pluviais**. In Curso "ESTRATÉGIAS PARA A REABILITAÇÃO E BENEFICIAÇÃO DE SISTEMAS PÚBLICOS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS", FUNDEC. Junho, 1999.

MAY, S. – **Estudo de Viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil orientada pelo Prof. Associado Racine Tadeu de Araújo Prado e apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia na Área de Construção Civil em 2004.

MEEMKEN, R. – **Establishment of rainwater utilization plants in Osnabrück**. In: THE TOKYO INTERNATIONAL RAINWATER UTILIZATION CONFERENCE, Sumida City, 1994. Tokyo, 1994. p.249-275.

MICHEALIDES, G. – **Investigations into the Quality of Roof-Harvested Rainwater for Domestic Use in Developing Countries**. PhD Research Thesis, University of Dundee, Scotland, U.K, 1986.

MICHEALIDES, G. – **Investigation into the Quality of Roof-Harvested Rainwater for Domestic Use in Developing Countries**. A PhD Research Study, proceedings of the 4<sup>TH</sup> INTERNATIONAL RAINWATER CISTERN SYSTEMS CONFERENCE, Manila, Philippines, 1989. E2, p.1-12.

Mitchell, R. – **Introduction to environmental microbiology**. Prentice-Hall. New Jersey, USA, 1974.

Mobbs, M. – **Sustainable house**. Choice Books. Sydney, Australia, 1998.

**N** NEVES, M. V. – **Perspectivas para um uso mais eficiente da água em habitações**. Porto, Portugal, 2003. 4p.

NEVES, M. V. – **Custo de pequenos reservatórios construídos “in situ”**. Porto, Portugal, 2004. 3p.

NHMRC/NRMMC – **Australian Drinking Water Guidelines**. National Health and Medical Research Council/ Natural Resource Management Ministerial Council. Australia, 2004. ISBN Print: 186496118X; ISBN Online: 1864961244.

## O

**P** PACEY, A.; and CULLIS, A. – **Rainwater Harvesting**. Great Britain Photobooks, 1996.

PORTUGAL. Ministério do Ambiente – **Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto**: D.R.: I Série-A N.º 176, 98-08-01, p.3676-3722.

PORTUGAL. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território – **Decreto-Lei nº 243/01 de 5 de Setembro**: D.R.: I Série-A N.º 206, 01-09-05, p.5754-5765.

PORTUGAL. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – **PEAASAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais**. 2<sup>a</sup> Ed. (Documento Preliminar). Fevereiro de 2006.

PRESCOTT, L. M.; HARLEY, J. P.; and KLEIN, D. A. – **Microbiology**. McGraw-Hill, 1999.



PUSHPANGADAN, K.; SIVANANDAN, P. K. – **Technology, quality and cost of water from DRWH: A case study of Kerala, India.** In: RWH CONFERENCE, IITD, NEW DELHI. RWH Conference, IITD, New Delhi, v.1, p.E3-1E1-9, 2001.

PORTUGAL. **Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais:** Aprovado pelo Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, com remissões Relativas à Integração dos respectivos Artigos. 2ª Ed.. Lisboa: Editora Rei dos Livros, 1998. ISBN 972-51-0755-1

## Q

**R** RICHARDS R., *et al.* – **Pesticides in Rainwater in the northeastern United States.** *Nature*. 1987. Vol. 327, No. 6118, p. 129-131.

RUSKIN, R. H. – **Coleta de água em cisternas - 2a parte p. 22 a 26.** *Revista Água – Latinoamérica*, Setembro e Outubro de 2001.

**S** SCHISTEK, H. – **A cisterna de tela de cimento.** In: 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 21-23 Novembro 2001.

SCOTT, R.; and WALLER, D. – **Water Quality Aspects of a Rainwater Cistern System in Nova Scotia.** In: 3<sup>RD</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAINWATER CISTERN SYSTEMS. Khon Kaen Univ.. Thailand, 1987, F1 pp1-16.

SIMMONS, G.; and HEYWORTH, J. – **Assessing the Microbial Health Risks of Potable Rainwater.** In: 9th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. Petrolina, Brasil, 1999.

SIMMONS, G.; HOPE, V. and LEWIS, G. – **Auckland Roof Water Quality Pilot Study.** A Report to the Health Research Council of New Zealand. 1997. 95p.

SIMMONS, G.; HOPE, V.; LEWIS, G.; WHITMORE, J.; and GAO, W.– **Contamination of potable roof collected rainwater in Auckland,** New Zealand. *Water Research*. 2001. Vol. 35, 6. p. 1518-1524.

SOARES, D. A. F; GONÇALVES, O. M. – **Fuzzy sets applied to the building reuse systems design.** In CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001. v.1, p.B3-1B1-8.

**T** THOMAS, P. and GREENE, G. – **Rainwater Quality from different Roof Catchments.** *Water Science and Technology*. 1993. Vol. 28, No. 3/5, p. 291-299.

TOMAZ, P. – **Conservação da Água.** 1ª Edição. São Paulo: Parma, 1998

TOMAZ, P. – **Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** 1ª Edição. São Paulo: Navegar Editora, 2003. ISBN 85-87678-23-x.

TOMAZ, P. – **Economia de Água para Empresas e Residências: Um Estudo Atualizado Sobre o Uso Racional da Água.** 2ª Edição. São Paulo: Navegar Editora, 2001. ISBN 85-87678-09-4.

TWDB - Texas Water Development Board in cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems – **Texas Guide to Rainwater Harvesting.** Second Edition. Austin, Texas, 1997. 65p.

- U UNIÃO EUROPEIA. Directiva do Conselho nº 98/83/CE de 3 de Novembro de 1998 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano.

UNIVERSIDADE DO PORTO. Faculdade de Engenharia – **Mestrado em Engenharia do Ambiente: Técnicas Laboratoriais.** Arminda Alves; Fernando Pereira. Edição 2003/2004.

UNIVERSIDADE DO PORTO. Faculdade de Engenharia – **Mestrado em Engenharia do Ambiente: Apontamentos sobre Caracterização e Tratabilidade de Efluentes.** Rui Boaventura. Outubro 2000.

- V VAES, G.; BERLAMONT, J. – **The impact of rainwater reuse on combined sewer overflow (CSO) emissions.** *Water Science and Technology*. 1999. V. 39, n. 5, p. 57-64.

- W WALLER, D. – **Rainwater - An Alternative Source in Developing and Developed Countries.** *Water International*. 1989. Vol. 14, p. 27-36.

WATERFALL, P. H.. – **Harvesting Rainwater for Landscape Use.** University of Arizona Cooperative Extension. Second Edition, 2004.

WILKEN, P. S. – **Engenharia de Drenagem Superficial.** São Paulo: CETESB, 1978.

WIROJANAGUD W. and HOVICHITR V. *et. al.* – **Evaluation of Rainwater Quality: Heavy Metals and Pathogens.** IDRC.Ottawa. 1989. 103p.

WOODCOCK A. H. (1948) – **Human respiratory infections and plankton.** *J. Marine Research*. 1948. Vol. 7, p. 56

## X

- Y YAZIZ, M.; GUNTING, H.; SAPIARI, N.; and GHAZALI, A. – Variations in Rainwater Quality from Roof Catchments, *Water Research*. 1989. Vol. 23, p. 761-765.

## Z

## 9.1 SITES CONSULTADOS

3P Technik Filtersysteme GmbH. <http://www.3ptechnik.de>. 2006-04-17 22:50.

ABCMAC – Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água da Chuva. <http://www.abcmac.org.br>. 2005-05-04 22:20.

Archizine: The Internet Edition of the Architecture Show Magazine. <http://www.archizine.com>. 2005-04-03 16:20.

Australian Greenhouse Office <http://www.greenhouse.gov.au>. 2005-04-13 21:40.

Câmara Municipal de Lisboa - Urbanismo <http://ulisses.cm-lisboa.pt>. 2005-12-13 23:40.

Ecological Homes <http://www.ecologicalhomes.com.au>. 2004-12-03 21:45.

Faculty of Engineering & Built Environment. <http://www.eng.newcastle.edu.au/>. 2005-10-08 22:15.

Grundfos Portugal, S.A. <http://www.grundfos.com/web/HOMEpt.NSF>. 2006-07-02 22:15.

Itatiba, São Paulo – Água da Chuva. <http://aguadechuva.com>. 2006-02-21 22:10.

Kessel Gruppe. <http://www.kessel.de/>. 2006-03-12 21:00.

Matosinhos Hoje Online – Jornal Semanário. <http://www.matosinhoshoje.com>. 2006-04-12 20:15.

Ministério da Agricultura e Indústria Agrária da Malásia <http://agrolink.moa.my>. 2005-02-08 22:40.

Município do Porto, Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento. <http://www.smasporto.pt>. 2006-12-13 23:40.

Portal Ambiente Online – Notícias de Negócios no Mercado do Ambiente. <http://www.AmbienteOnline.pt>. 2006-02-03 21:25.

O Primeiro de Janeiro Online – Jornal Diário. <http://www.oprimeirodejaneiro.pt>. 2006-04-08 21:40.

São Caetano do Sul, São Paulo - Departamento de Água e Esgoto. <http://www.daescs.sp.gov.br>. 2006-03-10 23:20.

Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. <http://snirh.inag.pt/>. 2005-11-06 22:20.

Wavin Portugal Plásticos S.A. [http://pt.wavin.com/main/homepage\\_oc.jsp](http://pt.wavin.com/main/homepage_oc.jsp). 2006-04-17 23:10.